

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Diplomová práce

Ostrava 2018

Bc. Libor Kaštovský

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Hydraulický pohon horizontálního protahovacího stroje

Hydraulic Drive of Horizontal Broaching Machine

Autor: Bc. Libor Kaštovský

Studijní obor: Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Lumír Hružík

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Libor Kaštovský**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **2302T043 Hydraulika a pneumatika**
Téma: **Hydraulický pohon horizontálního protahovacího stroje**
Hydraulic Drive of Horizontal Broaching Machine
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte analýzu funkčnosti a technologických požadavků protahovacího stroje ve vazbě na návrh nového moderního hydraulického pohonu a řízení.
2. Navrhněte vhodný typ přímočarého hydromotoru s ohledem na specifické požadavky technologického procesu protahování. Zvláštní pozornost věnujte pracovnímu prostředí.
3. Na základě analýzy funkčnosti protahovacího stroje vypracujte pracovní diagram stroje, odběrový diagram. Navrhněte vhodný hydraulický systém. Návrh podložte odpovídajícími výpočty.
4. Pro zvolené technické řešení hydraulického systému zpracujte technickou dokumentaci, a to minimálně funkční schéma, specifikaci prvků, tabulku spínání elektro-prvků a požadavky na elektro-řízení.

Seznam doporučené odborné literatury:

MURRENHOFF, H. *Fundamentals of Fluid Power*. Aachen: Verlag GmbH. 2014, 387 s. ISBN 978-3-8440-2826-3.
PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy, díl 1. Kapaliny v hydraulických mechanismech. Hydrostatické převodníky*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009, 2. vyd., 156 s. ISBN 978-80-248-0857-4.
PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy, díl 2. Řídicí prvky hydrostatických systémů. Příslušenství hydraulických obvodů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008, 2. vyd., 140 s. ISBN 978-80-248-1827-6.
EXNER, H., FREITAG, R., GEIS, H. et al. *Der Hydraulik Trainer Band 1, Grundlagen und Komponenten der Fluidtechnik Hydraulik*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth GmbH, 1991, 344 s. ISBN 3-8023-0619-8.
WILL, D., GEBHARDT, N. *Hydraulik Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. Berlin: Springer, 2008, 4. vyd., 450 s. ISBN 978-3-540-79534-6.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Lumír Hružík**

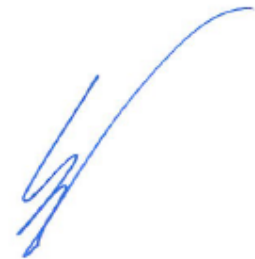
Konzultant diplomové práce: **Ing. Martin Morávek**

Datum zadání: **08.12.2017**

Datum odevzdání: **21.05.2018**


doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, же - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 18.5. 2018



Jméno a příjmení autora práce: Bc. Libor Kaštovský

Adresa trvalého pobytu autora práce: Fr. Hajdy 1400/5, Ostrava – Hrabůvka, 705 00

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18.5.2018

Bc. Libor Kaštovský



ANOTACE

KAŠTOVSKÝ, L. *Hydraulický pohon horizontálního protahovacího stroje: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2018, 66 s. Vedoucí práce: Hružík, L.

Tato práce obsahuje analýzu funkce a technologických požadavků protahovacího stroje za účelem návrhu nového hydraulického pohonu a systému. Pro definování hydraulického pohonu je brán v potaz značný rozptyl technologických parametrů pracovního cyklu. Předmětem řešení je také návrh vhodného typu přímočarého hydromotoru, který koná hlavní protahovací pohyb. Jednotlivé díly hydromotoru jsou specifikovány s přihlédnutím k náročnějším pracovním podmínkám. Součástí práce je specifikace hydraulických a bezpečnostních prvků pro navrhovaný systém a funkční hydraulické schéma. Pro ovládání prvků jsou v diplomové práci uvedeny požadavky na elektro-řízení včetně tabulek spínání.

KLÍČOVÁ SLOVA

Protahovací stroj, hydraulický pohon, přímočarý hydromotor, frekvenční měnič

ANNOTATION

KAŠTOVSKÝ, L. *Hydraulic Drive of Horizontal Broaching Machine: Master thesis*. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and hydraulic equipment, 2018, 66 p. Thesis Head: Hružík, L.

This thesis includes an analysis of the function and technological requirements of the broaching machine for designing a new hydraulic drive and system. For defining hydraulic drive, considerably technological range of the working cycle is taken into account. The subject of the solution is also the design of a suitable type of hydraulic cylinder performing the main broaching movement. The individual parts of the hydraulic cylinder are specified taking into account more demanding working conditions. The thesis contains a specification of hydraulic and safety elements for the proposed system and a functional hydraulic diagram. For driving elements the thesis include electrical control requirements, including switching tables.

KEY WORDS

Broaching machine, Hydraulic drive, Hydraulics Cylinder, Drive controler

OBSAH

PŘEHLED POUŽITÉHO ZNAČENÍ A ZKRATEK	3
SEZNAM OBRÁZKŮ	5
SEZNAM TABULEK	7
ÚVOD	8
1. TECHNOLOGIE PROTAHOVÁNÍ	9
1.1 Popis procesu protahování	9
1.2 Výpočetní vztahy protahování	10
1.3 Protahovací nástroje	11
1.4 Protahovací stroje	12
2. ANALÝZA PROTAHOVACÍHO STROJE	14
2.1 Popis řešeného zařízení	14
2.2 Parametry původního zařízení	16
2.3 Postup protahování	16
2.4 Chlazení a mazání	17
2.5 Stručný popis původního pohonu	17
2.6 Výpočty původního obvodu a měření	21
3. NÁVRH NOVÉHO HYDRAULICKÉHO POHONU	27
3.1 Pracovní a odběrový diagram stroje	27
3.2 Volba nejvhodnějšího řešení hydraulického systému	28
3.2.1 Obvod regulačním hydrogenerátorem	28
3.2.2 Regulační obvod s akumulátorem	29
3.2.3 Obvod s frekvenčně řízeným pohonem	30
3.2.4 Porovnání návrhů	31
3.3 Návrh zvoleného typu pohonu	32
3.3.1 Návrh hydrogenerátorů	32
3.3.2 Návrh elektromotoru	35
3.3.3 Ověření výpočtů a návrh frekvenčního měniče pomocí softwaru	36
4. NÁVRH PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU	40
4.1 Parametry PHM	41
4.1.1 Průměru pístu D	41
4.1.2 Průměr pístnice d	41
4.2 Specifikace jednotlivých dílů PHM	41
4.2.1 Pístnice	41

4.2.1.1	Kontrola pístnice na tah.....	42
4.2.2	Těleso	44
4.2.2.1	Kontrola tělesa PHM	44
4.2.3	Píst.....	45
4.2.4	Hlava a zadní víko.....	45
4.2.5	Těsnivo	45
4.2.5.1	Jev stick-slip	45
5.	HYDRAULICKÝ OBVOD PROTAHOVACÍHO STROJE.....	49
5.1	Popis hydraulického obvodu.....	49
5.2	Specifikace hydraulických prvků	49
5.2.1	Hydraulická nádrž	50
5.2.2	Hydraulický blok.....	50
5.2.3	Odlehčovací ventily hydrogenerátorů	51
5.2.4	Zpětné ventily.....	51
5.2.5	Hlavní rozváděč	52
5.2.6	Filtrace.....	53
5.2.7	Snímání hladiny a teploty.....	53
5.2.8	Měření tlaku	54
5.2.9	Hydraulické vedení	55
5.3	Pracovní médium	55
6.	BEZPEČNOST.....	56
7.	ZADÁNÍ PRO ELEKTRO-ŘÍZENÍ	58
7.1	Řízení na základě parametrů pracovní kapaliny	58
7.1.1	Spuštění a výchozí stav	58
7.1.2	Teplota a hladina oleje v nádrži:	59
7.1.3	Filtrace oleje:.....	60
7.2	Ovládání pohonu a řídicích hydraulických prvků.....	60
7.2.1	Ovládání odlehčení hydrogenerátorů	60
7.2.2	Ovládání přímočarého hydromotoru	60
7.3	Funkce světelné závory.....	61
8.	ZÁVĚR.....	63
	PODĚKOVÁNÍ	65
	POUŽITÁ LITERATURA	66

PŘEHLED POUŽITÉHO ZNAČENÍ A ZKRATEK

<i>HG</i>		<i>Hydrogenerátor</i>
<i>PHM</i>		<i>Přímočarý hydromotor</i>
<i>D</i>	<i>[mm]</i>	<i>Průměr pístu PHM</i>
<i>D_t</i>	<i>[mm]</i>	<i>Vnější průměr tělesa PHM</i>
<i>DN</i>	<i>[mm]</i>	<i>Jmenovitá světlost potrubí</i>
<i>F_c</i>	<i>[N]</i>	<i>Řezná složka síly obrábění</i>
<i>F_{max}</i>	<i>[N]</i>	<i>Maximální síla protahování</i>
<i>I</i>	<i>[A]</i>	<i>Elektrický proud</i>
<i>L_p</i>	<i>[mm]</i>	<i>Délka obráběné plochy</i>
<i>NG</i>	<i>[mm]</i>	<i>Jmenovitá světlost hydraulického prvku</i>
<i>P</i>	<i>[kW]</i>	<i>Příkon elektromotoru</i>
<i>Q_{pr,v}</i>	<i>[dm³.min⁻¹]</i>	<i>Průtok při protahování, vysouvání</i>
<i>Ra</i>	<i>[μm]</i>	<i>Povrchová drsnost</i>
<i>Re</i>	<i>[MPa]</i>	<i>Mez kluzu</i>
<i>Rm</i>	<i>[MPa]</i>	<i>Mez pevnosti</i>
<i>S_{1,2,3}</i>	<i>[m²]</i>	<i>Plocha pístu, mezikruží, pístnice PHM</i>
<i>T_s</i>	<i>[mm]</i>	<i>Tloušťka stěny PHM</i>
<i>U</i>	<i>[V]</i>	<i>Elektrické napětí</i>
<i>V_g</i>	<i>[cm³]</i>	<i>Geometrický objem HG</i>
<i>μ</i>	<i>[-]</i>	<i>Poissonův součinitel</i>
<i>b</i>	<i>[mm]</i>	<i>Šířka drážky</i>
<i>d</i>	<i>[m]</i>	<i>Průměr pístnice PHM</i>
<i>d_t</i>	<i>[mm]</i>	<i>Vnitřní průměr tělesa PHM</i>
<i>f</i>	<i>[Hz]</i>	<i>Frekvence</i>
<i>f_z</i>	<i>[mm]</i>	<i>Posuv na zub</i>
<i>i_z</i>	<i>[-]</i>	<i>Počet zdvihů</i>
<i>k</i>	<i>[-]</i>	<i>Koeficient bezpečnosti</i>
<i>l</i>	<i>[m]</i>	<i>Zdvih PHM</i>
<i>n</i>	<i>[l. min⁻¹]</i>	<i>Otáčky</i>
<i>n_d</i>	<i>[-]</i>	<i>Počet drážek</i>
<i>p</i>	<i>[MPa]</i>	<i>Hydraulický tlak</i>
<i>p_z</i>	<i>[Pa]</i>	<i>Měrný řezný odpor</i>

s_t	$[mm^2]$	<i>Průřez třísky</i>
t	$[mm]$	<i>Zubová rozteč</i>
t_{AS}	$[min]$	<i>Strojní čas protahování</i>
v_c	$[m.min^{-1}]$	<i>Řezná rychlost</i>
$v_{pr,v}$	$[m.min^{-1}]$	<i>Rychlost protahování, vysouvání</i>
z	$[-]$	<i>Počet současně zabírajících zubů</i>
$\eta_{o,hm}$	$[-]$	<i>Účinnost objemová, hydraulicko-mechanická</i>
σ_{dt}	$[MPa]$	<i>Dovolené tahové napětí</i>
σ_t	$[MPa]$	<i>Tahové napětí</i>

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1.1 – Princip technologického procesu protahování ¹</i>	9
<i>Obr. 1.2 – Způsob uchycení jednotlivých dílů horizontální protahovačky ²</i>	10
<i>Obr. 1.3 –Příklady protahovaných profilů ²</i>	11
<i>Obr. 2.1–Protahovací stroj RWI 10,</i>	15
<i>Obr. 2.2 – Protahovací a upínací část,</i>	15
<i>Obr. 2.3 – Příklady používaných trnů, A) obdélníkové, B) válcové</i>	15
<i>Obr. 2.4 – Radiální pístový hydrogenerátor s písty v rotoru HP4M s regulačním obvodem, rok výroby 1961 ⁶</i>	18
<i>Obr. 2.5 – Původní schéma hydraulického obvodu RWI 10 ⁶</i>	19
<i>Obr. 2.6– Detail mechanismu regulace rychlosti v reálu</i>	20
<i>Obr. 2.7 - Detail kritické oblasti a koncového snímače</i>	20
<i>Obr. 2.8 – Protahování největším trnem Ø 90 mm</i>	21
<i>Obr. 2.9 – Průběhy tlaků při protahování největším trnem Ø 90 mm</i>	22
<i>Obr. 2.10 - Průběhy tlaků při protahování nejmenším trnem</i>	22
<i>Obr. 2.11 – Napojení snímačů na PHM</i>	23
<i>Obr. 2.12 - Přístroj Service Master Plus SCM 500</i>	23
<i>Obr. 3.1 – Pracovní diagram průběhu rychlostí</i>	27
<i>Obr. 3.2 – Odběrový diagram průtoku za jednu periodu protahovacího cyklu</i>	28
<i>Obr. 3.3 – Schéma obvodu s akumulátorem</i>	30
<i>Obr. 3.4 – Lamelový hydrogenerátor, série DCP, PARKER ⁵</i>	32
<i>Obr. 3.5 – Navržený elektromotor pohonu ⁵</i>	35
<i>Obr. 3.6 – Vykreslení průběhů maximálních průtoků a tlaků, během jednoho pracovního cyklu protahovacího stroje, v DriveCreatoru</i>	36
<i>Obr. 3.7 – Parametry zdroje pohonu</i>	37
<i>Obr. 3.8 – Parametry frekvenčního měniče</i>	37
<i>Obr. 3.9 – Parametry elektromotoru</i>	37
<i>Obr. 3.10 – Parametry 1. hydrogenerátoru</i>	38
<i>Obr. 3.11 - Parametry 2. hydrogenerátoru</i>	38
<i>Obr. 3.12 – Frekvenční měnič série AC690 +</i>	38
<i>Obr. 3.13 – Sestava hydraulického pohonu DCP</i>	39
<i>Obr. 4.1 – Návrh uložení PHM</i>	40
<i>Obr.4.2 – Snímač polohy ²⁵</i>	42

<i>Obr. 4.3 – Stribeckova křivka</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 4.4 - PHM 140/70 x 1350</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 5.1 – Tlakový ventil s odlehčením R4V06-5311009G0QA5, PARKER⁵</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 5.2 – A) Rozváděč D3W002KNJW42, B) Pojistný ventil ZDV-P02-5-S0-D1, PARKER⁵</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 5.3 – Potrubní zpětný ventil RHD30S0.5BCF, PARKER⁵</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 5.4 – Mezideskový zpětný ventil CM3AAV, PARKER⁵</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 5.5 – Nepřímo řízený rozváděč D81VW001C4NJW, PARKER⁵</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 5.6 – Středotlaký filtr 40CN210QEVTIKG244, PARKER⁵</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 5.7 – Vzduchový filtr AB116310, PARKER⁵</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 5.8 – Optický stavoznak s teploměrem FL69121, PARKER⁵</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 5.9 – Sdružený elektrický snímač hladiny a teploty SCLTSD-250-00-07, PARKER⁵</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 5.10 – Měřicí bod EMA31/4ED, PARKER⁵</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 5.11 – Řez spojem se zařezným prstýnkem, PARKER⁵</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 6.1 – Světelná závora ²³</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 6.2 – Koncový spínač s kladičkou ²⁴</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 6.3 – Umístění bezpečnostních prvků</i>	<i>57</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 3.1 – Porovnání návrhů pohonu ^{12,16}</i>	31
<i>Tab. 3.2 - Typy a parametry hydrogenerátorů série DCP ⁵</i>	33
<i>Tab. 3.3 - Aktivace hydrogenerátorů při protahování</i>	34
<i>Tab. 3.4 - Aktivace hydrogenerátorů při zpětném chodu</i>	34
<i>Tab. 3.5 – Hodnoty zadané do DriveCreatoru</i>	36
<i>Tab. 4.1 – Specifikace těsniva přímočarého hydromotoru ²¹</i>	47
<i>Tab. 7.1 - Aktivace cívek řídicích ventilů při protahování a zpětném chodu</i>	62

ÚVOD

V moderním průmyslu jsou při výrobě velkého množství sériových kusů kladeny zvyšující se požadavky nejen na kvalitu produktů a nízkou zmetkovost, ale i rychlost jejich tvorby, snížení energetické náročnosti výrobního procesu a v neposlední řadě bezpečnost a ochrana zdraví obsluhy.

V této práci se zabývám problematikou a řešením modernizace pohonu horizontálního protahovacího stroje RWI 10 na tvorbu vnitřních drážek pro přesná pera v nábojích sériově vyráběných dílů určených do automobilového průmyslu. V posledních letech v tomto odvětví dochází ke značnému nárůstu produkce. U strojů a zařízení vyrábějících součástky pro automobily jde především o jejich nízkou poruchovost a tedy o vysokou provozní spolehlivost. Podstatná je také maximální uživatelská přívětivost a z toho vyplývající jednoduché ovládání s nízkými nároky na schopnosti obsluhy. Zvyšující se stupeň automatizace má za účel eliminaci pochybení lidského faktoru. Žádoucí je rovněž, v rámci zachování kvality produktů, co možná nejjednodušší konstrukce stroje, která umožňuje jak minimalizovat čas přestavby na jiný typ výrobků, tak i nenáročnou opravitelnost a snadnou dostupnost náhradních dílů. Při navrhování pohonu protahovacího stroje jsem bral výše uvedená kritéria v potaz. Na základě posouzení původního stavu jsem se snažil nedostatky stávajícího pohonu, jako jeho seřizování a ovládání, nahradit moderním, snadněji říditelným systémem. Nastavování vstupních parametrů pro výrobu by mělo být jednoznačné a nezávislé na subjektivním vnímání obsluhy. Tímto bych chtěl zvýšit rychlost výroby a snížit zmetkovitost. Mimo zlepšení efektivity stroje je velice důležitým kritériem i zvýšení jeho bezpečnosti při práci. Při analýze původního zařízení jsem shledal, že i v této oblasti jsou nedostatky, které je třeba řešit.

Jelikož je pro tyto typy protahovacích strojů nejvhodnější hydraulický pohon z důvodu dosažitelnosti velkých sil a plynulosti chodu. Věnuji v této práci velkou pozornost i návrhu modernizace přímočarého hydromotoru, jehož vratný pohyb koná funkci protahování. Při navrhování jsem vycházel z rozměrů původního hydromotoru, avšak v provedení dle vlastní konstrukce. Návrhem jednotlivých dílů, materiálů a volbou optimálního těsniva směřuji ke zvýšení jeho životnosti a plynulejšímu pohybu při výrobním procesu.

V závěru práce se pak zabývám skladbou celého hydraulického obvodu, se stručným výčtem jednotlivých prvků s požadavky na jejich elektro-řízení.

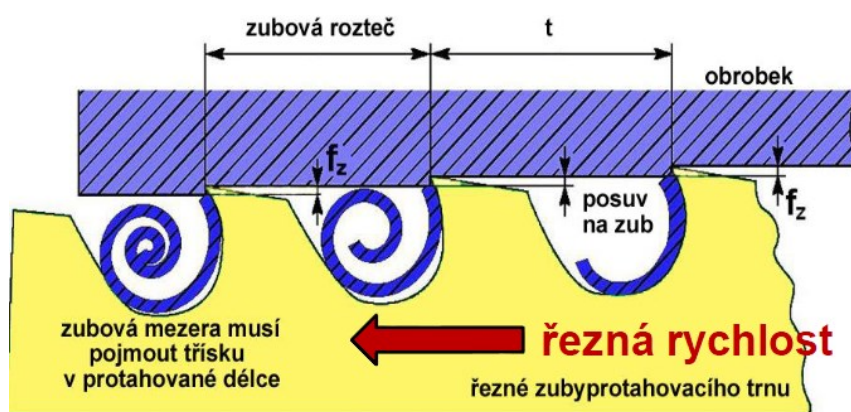
1. TECHNOLOGIE PROTAHOVÁNÍ

Protahováním se rozumí metoda obrábění vnitřních či vnějších ploch vícebřitým nástrojem. Jde o vysoce produktivní způsob obrábění, kdy je dosaženo požadovaného tvaru obvykle jediným posuvem nástroje. Obrobek je pevně upnut a hlavní přímočarý pohyb koná tažený nástroj. Plocha po obrobení je rozměrově i tvarově velmi přesná s výbornou kvalitou povrchu. Výroba nástrojů pro tento proces je poměrně složitá a dosti nákladná. Z tohoto důvodu je protahování vhodné pro hromadné velkosériové produkce.

1.1 POPIS PROCESU PROTAHOVÁNÍ

Principem protahování je současný záběr zubů protahovacího nástroje po celé obráběné ploše. Rozteč zubů obsažena v délce obrábění určuje počet zabírajících zubů. Tloušťka třísky vzniklé odběrem materiálu jedním zubem se nazývá posuv na zub a udává posuv protahování. Je rovna rozdílu výšek hran mezi sousedními zuby (Obr. 1.1). Velikost posuvu rovněž ovlivňuje druh materiálu, tvar a velikost obrobku i provedení protahovacího nástroje ¹.

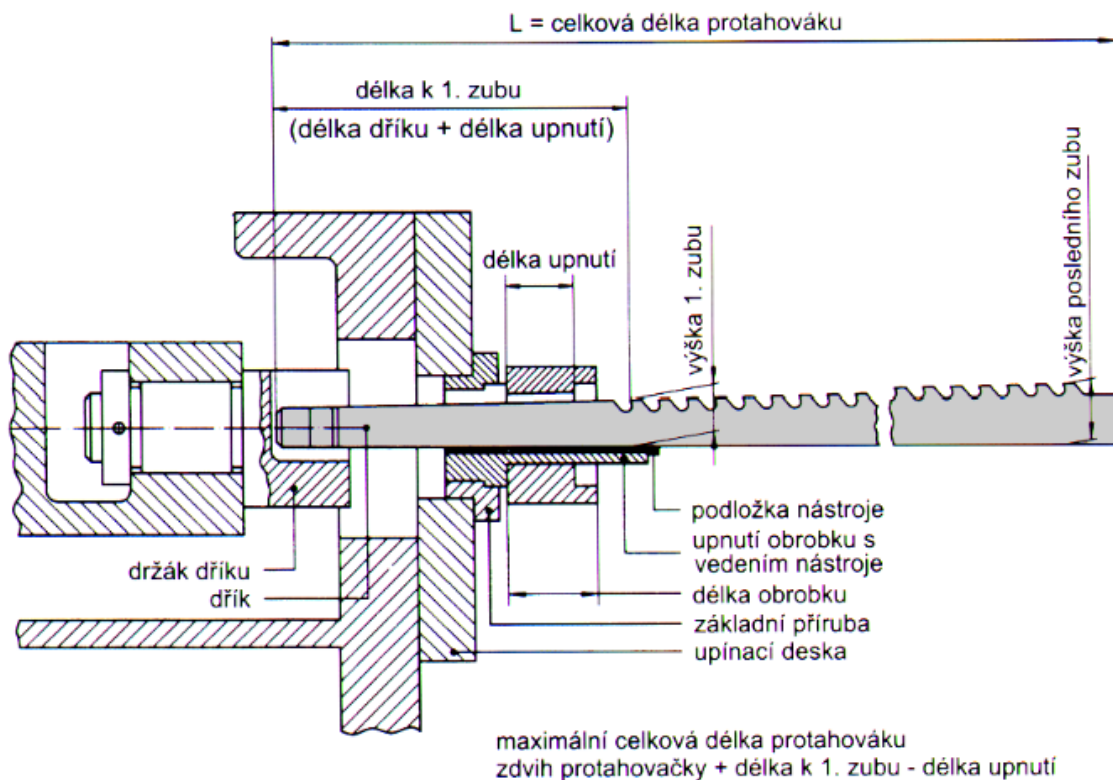
U vnitřního protahování je otvor vyhrubován a protahováním se docílí jeho požadovaného rozměru, tvaru a drsnosti povrchu. Pokud je u obrobku z technologického hlediska nezbytné ponechat velký přídavek, protahování se provádí vícekrát sadovými nástroji.



Obr. 1.1 – Princip technologického procesu protahování ¹

Jednou z nejčastějších protahovacích operací je protahování drážky pro pero. Do již hotového otvoru v náboji se vsune vodící vložka pro zajištění obrobku v určité pracovní poloze. Přes vložku se prostrčí protahovací nástroj a upne se do držáku na tažných saních.

Polohu nástroje a tím i hloubku drážky můžeme volit vložení podložek o různých tloušťkách (Obr. 1.2). Po protažení se nástroj vyjme, vloží se nový obrobek a celý proces se opakuje. Vkládání i vyjímání jak nástroje, tak i obrobku se provádí manuálně.



Obr. 1.2 – Způsob uchycení jednotlivých dílů horizontální protahovačky²

1.2 VÝPOČETNÍ VZTAHY PROTAHOVÁNÍ

Základním parametrem protahování je řezná síla, pro kterou platí obecně⁴:

$$F_c = S_t \cdot z \cdot p_z \quad (1.1)$$

S_t – průřez třísky [mm^2]

z – počet současně zabírajících zubů [-]

p_z – měrný řezný odpor [Pa]

$$z = \frac{L_p}{t} \quad (1.2)$$

L_p – délka obráběné plochy [mm]

t – zubová rozteč [mm]

Pro protahování drážek v nábojích je pak rovna ⁴:

$$F_c = b \cdot n \cdot f_z \cdot z \cdot p_z \quad (1.3)$$

b – šířka drážky [mm]

n_d – počet drážek [-]

f_z – posuv na zub [mm]

Strojní čas protahování ¹:

$$t_{AS} = \frac{i_z \cdot L_p}{1000 \cdot v_c} \quad (1.4)$$

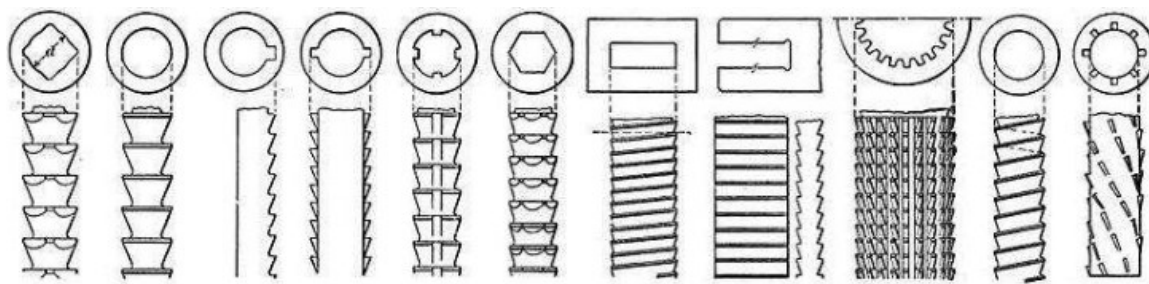
i_z – počet zdvihů [-]

v_c – řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]

1.3 PROTAHOVACÍ NÁSTROJE

Jedná se o mnohabřité nástroje jejichž počet zubů je dán velikostí posuvu na zub, šířkou odebírané vrstvy a celkovou délkou protahované plochy. Dle obráběných ploch je dělíme na vnitřní a vnější protahováky. Pro vnější protahování mají řezací zuby vybroušené drážky kvůli lepší tvorbě třísky a plynulejší práci. Podle tvaru plochy jsou rozděleny na rovinné válcové, kombinované, rotační (Obr. 1.3).

Nástroj se skládá z části upínací, vodící, řezné, kalibrovací a v případě zvýšených požadavků na drsnost povrchu ještě následuje část hladící (Obr. 1.4).



Obr. 1.3 –Příklady protahovaných profilů ²

Zuby řezné části jsou odstupňovány dle předepsané třísky a hrubují postupně žádaný tvar. Kalibrovací částí dosáhneme na obráběné ploše přesných rozměrů, správného tvaru a požadované drsnosti povrchu, běžně $Ra = 3,2 \div 0,4$.

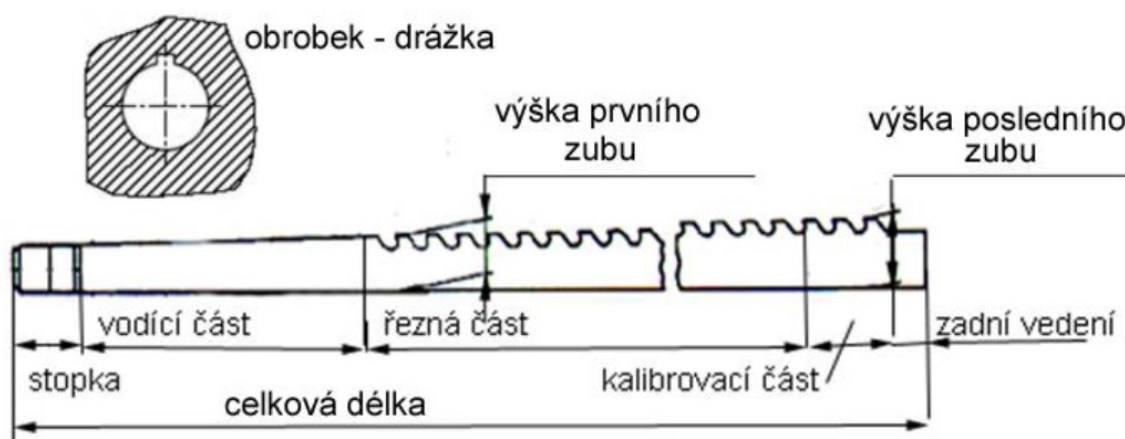
Pro výrobu nástrojů se používají nejčastěji nástrojové a rychlořezné oceli (19 802, 19 436). Životnost můžeme zvýšit pomocí povlaků a používáním vhodné řezné kapaliny. Materiály jako jsou litiny a bronz se však obrábějí za sucha. Při správném dodržování technologických postupů lze na jedno ostření nástroje protáhnout cca 5 000 obrobků.

Protahovací nástroj se kontroluje na tah v nejužším místě nástroje pod první zubovou mezerou²:

$$\sigma_t = \frac{F_c}{S_{min}} \leq \sigma_{Dt} \quad (1.5)$$

S_{min} – nejmenší průřez nástroje [mm^2]

σ_{Dt} – dovolené tahové napětí [MPa]



Obr. 1.4 – Protahovací nástroj pro drážky na pero²

1.4 PROTAHOVACÍ STROJE

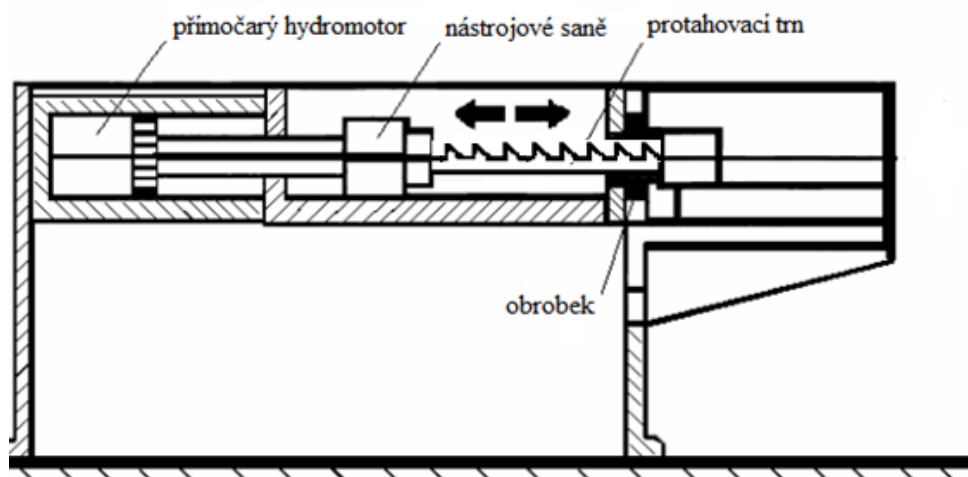
V závislosti na směru posuvu nástroje dělíme protahovací stroje na horizontální a vertikální. Pohon pohybu nástrojů je u menších protahovaček řešen elektromechanicky u větších pak výhradně hydraulicky. Výhodami hydraulického pohonu jsou:

- dosažitelnost velkých sil (až 650 kN)⁷
- rovnoměrný pohyb, plynulá regulace rychlosti posuvu
- větší výkon oproti elektromechanickým pohonům
- snadné jištění hydromotorů proti přetížení.

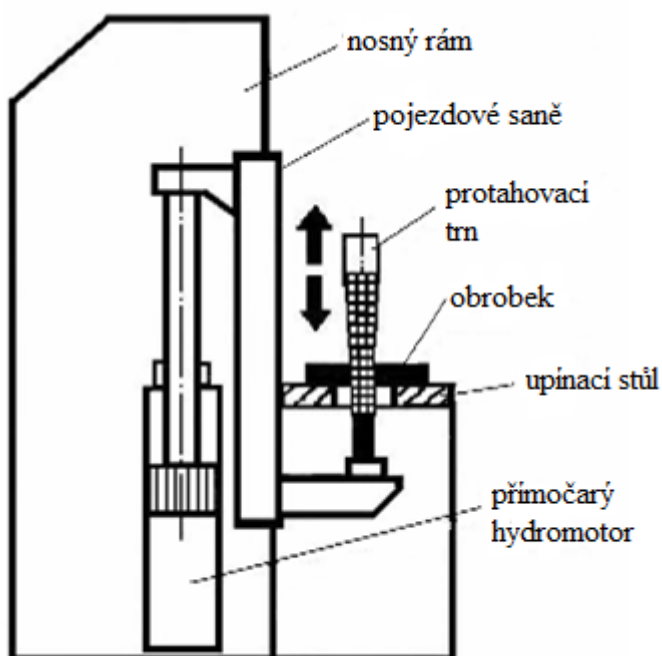
Horizontální protahovačky jsou využívány zejména k obrábění vnitřních ploch. Mezi jejich výhody patří jednodušší konstrukce, nižší hmotnost, cena, možnost využití delšího

nástroje. Nevýhodami pak jsou, že vlastní hmotnost nástroje ovlivňuje přesnost výroby a větší zástavbová plocha.

Vertikální protahovačky mají využití jak pro vnitřní tak i vnější plochy. Výhodou je větší přesnost, menší půdorysná plocha. Nevýhodou je pak složitější konstrukce a z toho vyplývající vyšší cena, vyšší hmotnost a omezená délka pracovního nástroje³.



Obr. 1.5 - Schéma horizontálního protahovacího stroje³



Obr. 1.7 - Schéma vertikálního protahovacího stroje³



Obr. 1.8 - Vertikální protahovací stroj KARL KLINK RIS 25 x 1500⁷

2. ANALÝZA PROTAHOVACÍHO STROJE

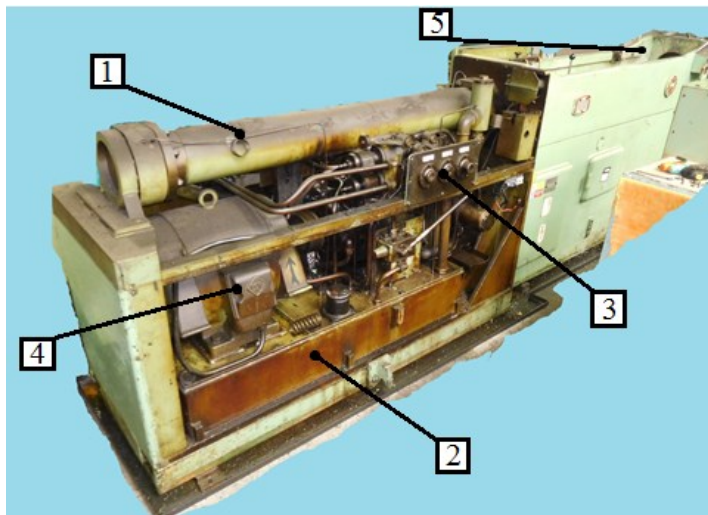
2.1 POPIS ŘEŠENÉHO ZAŘÍZENÍ

Horizontální protahovací stroj RWI 10 (Obr. 2.1) je využíván pro zhotovení vnitřních drážek ve strojních dílech pro automobilový průmysl. Hlavní protahovací pohyb koná přímočarý hydromotor a jako zdroj tlaku pro hydraulický obvod slouží radiální pístový hydrogenerátor. Tento pohon byl navržen a sestrojen v 60. letech minulého století. Vzhledem k jeho stáří vykazuje velice častou poruchovost, podle zaměstnanců údržby dochází k poruše až dvakrát týdně. Tyto závady jsou způsobeny značnými netěsnostmi na hydrogenerátoru doprovázené úniky oleje. Proto je nezbytné, aby se provedla výměna pohonu a došlo k jeho modernizaci. Na zařízení se pracuje v dvousměnném provozu a obsluhuje jej jeden pracovník. Za tyto dvě směny je na stroji protaženo 400 až 800 kusů obrobků, v závislosti na tom, zdali se protahuje pouze jeden kus nebo je ve výrobním postupu dovoleno protahovat několik kusů současně. Nyní je produkce postižena zvýšenou zmetkovitostí způsobenou trhavým pohybem při protahování. Důvodem je jednak již nevyhovující technický stav hydromotoru a také opotřebení kluzných lišt vedení pojezdových saní.

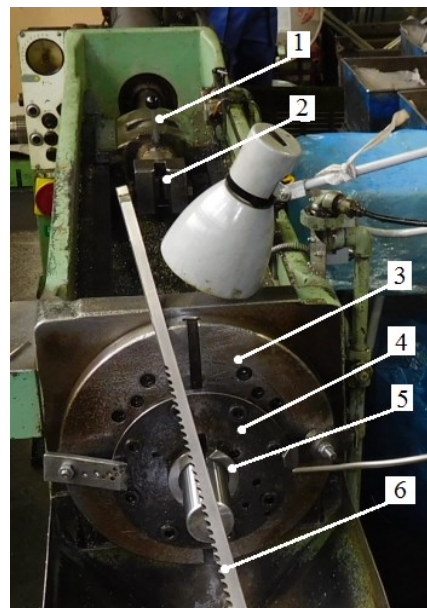
Dle hloubky, šířky, tvaru a počtu drážek se volí protahovací nástroj. Ve výrobním programu převládají díly s jednou drážkou pro přesné pero, pro jejichž obrábění se využívají obdélníkové trny s jednou řadou odstupňovaných zubů (Obr. 2.2 A). Méně často jsou využívány válcové vícebřité trny pro vytvoření většího počtu vnitřních drážek (Obr. 2.2 B). Pro uchycení různých druhů obrobků obsluha používá různé upínací přípravky na přírubě s T-drážkami a pro montáž rozdílných nástrojů je rovněž nutno vyměnit čelisti na pojezdových saních, což vyžaduje menší přestavbu a přenastavení stroje. Na základě délky nástroje se nastavuje počáteční a koncová poloha saní. Tuto činnost vykonává seřizovač, který rovněž nastavuje rychlost protahování. Proto se produkce plánuje tak, aby během jedné směny bylo této operace zapotřebí co nejméně. Výměna obrobků a upínání nástroje jsou prováděny manuálně obsluhou. Při těchto úkonech může dojít k poranění přimáčknutím či pořezání. Avšak podle informací provozu, nebyl, navzdory této skutečnosti, na stroji zaznamenán žádný vážnější úraz. Přesto při modernizaci stroje bude aspekt zvýšení bezpečnosti brán v potaz.

Provozovatel by chtěl především zlepšit plynulost protahování a provést výše zmíněnou výměnu pohonu při dodržení současných technologických parametrů. Dalším,

neméně důležitým kritériem je, aby se i nastavování rychlosti protahování a koncových bodů modernizovalo a současně bylo uživatelsky přívětivé.



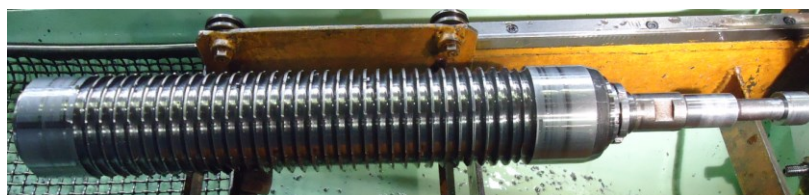
Obr. 2.1 – Protahovací stroj RWI 10,
1 – Přímočarý hydromotor, 2 – Nádrž, 3 – Mechanismus
regulace hydrogenerátoru, 5 – Protahovací a upínací
část



Obr. 2.2 – Protahovací a
upínací část,
1 – Pojezdové saně, 2 – Čelist
pro upnutí nástroje, 3 – Příruba
pro upínací přípravky, 4 –
Přípravek, 5 – Obrobek, 6 –
Protahovací trn



A)



B)

Obr. 2.3 – Příklady používaných trnů, A) obdélníkové, B) válcové

2.2 PARAMETRY PŮVODNÍHO ZAŘÍZENÍ

Při tvorbě drážek protahováním na hydraulickém horizontálním protahovacím stroji jsou hlavními určujícími parametry síla potřebná k protahování, kterou vyvine přímočarý hydromotor a rychlost posuvu hydromotoru během procesu a zpětném chodu. Na základě těchto parametrů musím navrhnout hydraulický pohon stroje a jeho řízení.

Velikost protahovací síly a rychlosti určují druh materiálu obrobku, počet drážek vytvářených současně při protahování, jejich tvar a hloubka. Níže uvedené údaje jsem získal z manuálu protahovacího stroje RWI 10⁶.

Parametry původního protahovacího stroje RWI 10 :

Maximální udaná síla protahování:

$$F_{max} = 100\,000\,N$$

Maximální hydraulický tlak v systému

$$p_{max} = 8,8\,MPa$$

Příkon elektromotoru:

$$P = 14\,kW$$

Otáčky elektromotoru:

$$n = 1435\,min^{-1}$$

Rozsah rychlostí pro protahování:

$$v_{pr} = 1 \div 10\,m/min = 0,0167 \div 0,167\,m/s$$

Rozsah rychlostí pro vysouvání:

$$v_v = 10 \div 25\,m/min = 0,167 \div 0,417\,m/s$$

Maximální průměr obrobku:

$$D_o = 400\,mm$$

Maximální průměr nástroje:

$$d_n = 90\,mm$$

Hodnoty těchto veličin budou zachovány a bude s nimi počítáno i při návrhu nového pohonu.

2.3 POSTUP PROTAHOVÁNÍ

Pístnice hydromotoru je na začátku procesu vysunutá. Obsluha do upínací hlavy nasadí obrobek a zajistí jej. Poté do čelistí na saních zasune trn a pod něj podložku určující hloubku drážky. Stiskne tlačítko „drážkování“ na ovladači pro aktivaci pohybu

hydromotoru. Působením tlaku kapaliny na mezikruží se hydromotor začne zasouvat a tím nástroj protahovat přes upínací hlavu za současného řezání drážky do obrobku. Po najetí do koncové (zasunuté) polohy se pohyb nástroje zastaví. Obsluha uvolní obrobek, vyjme jej z hlavy a upne nový, následně odepne trn ze západky a vytáhne jej. Po té stiskem tlačítka „zpět“ vysune pístnici hydromotoru do počáteční polohy. Obsluha pak nástroj opět vloží do saní a zopakuje proces protahování. Celý pracovní cyklus trvá přibližně od 20 do 40 s.

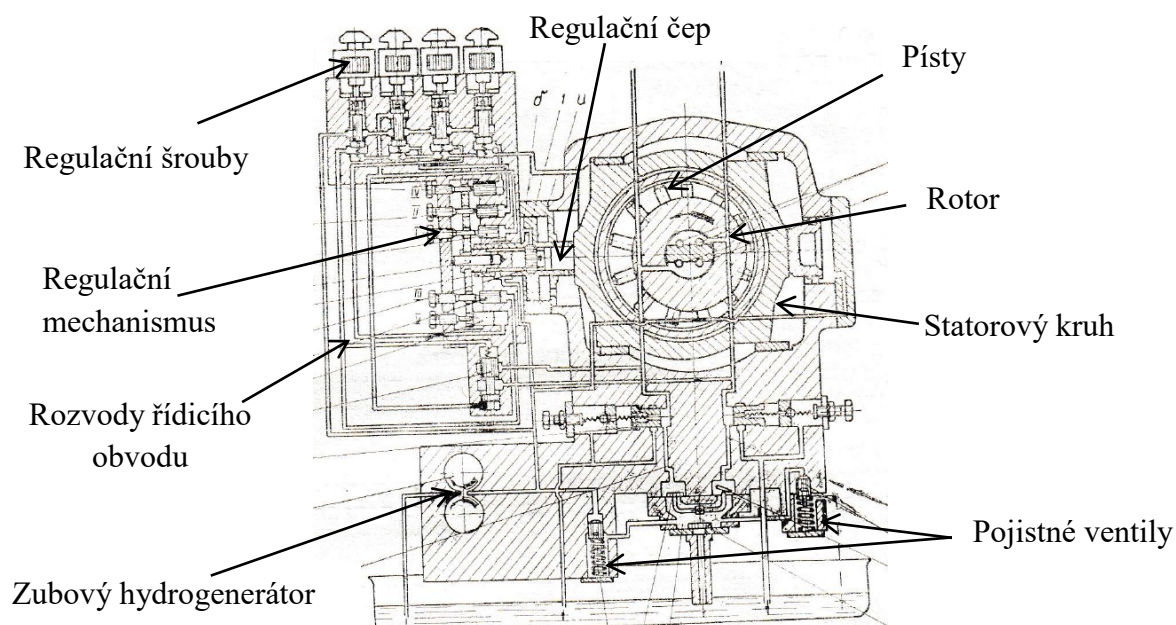
2.4 CHLAZENÍ A MAZÁNÍ

Během celého procesu protahování jsou obrobek i nástroj mazány a chlazeny řezným olejem, který slouží i k odplavování třísek. Tuto funkci zajišťuje samostatný mazací systém tvořený vanou, přímo integrovanou do litinového rámu stroje a odstředivým čerpadlem. Množství kapaliny v nádrži je hlídáno hladinovým snímačem. Kapalina je vedena potrubním systémem do prostoru obrábění, kam je vstřikována tryskami. Aby se zabránilo výskytu třísek z obrábění v nádrži, stéká do ní přebytečné mazací a chladicí médium přes dvojici sít. Pro zesílení ochrany čerpadla před vniknutím nečistot je v jeho blízkosti v nádrži ponořen magnet, který případné třísky zachytí.

2.5 STRUČNÝ POPIS PŮVODNÍHO POHONU

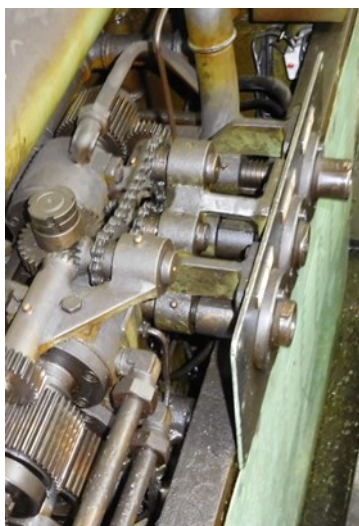
Řešený protahovací stroj vykonává hlavní protahovací pohyb pomocí hydraulického pohonu. Důvodem pro použití hydrauliky je velikost uváděné síly. Z původního schématu hydraulického obvodu (Obr. 2.5) lze určit, z jakých prvků byl pohon tvořen a jaká byla jeho funkce. Pro pokrytí celého požadovaného rychlostního rozsahu byl použit hydrogenerátor ruské výroby poháněný elektromotorem o příkonu 14 kW a otáčkami 1425 ot.min⁻¹. Jedná se o komplexní hydraulický prvek, který je však sestaven z několika funkčních uzlů. Vlastního pístového radiálního hydrogenerátoru s písty v rotoru s průtokem 160 l.min⁻¹ a řídicího obvodu s pomocným zubovým hydrogenerátorem, sloužícího pro nastavování oběžné dráhy pístového hydrogenerátoru, čímž se reguluje jeho geometrický objem. Celý mechanismus hydraulického pohonu je zobrazen v řezu na Obr. 2.4. Nastavování požadované obráběcí rychlosti pro rozdílné druhy drážek seřizovač prováděl pomocí regulačních šroubů (Obr. 2.6). Přitahováním šroubů se určuje zdvih pístků regulačního mechanismu, které naklápějí čep statoru. Tato operace byla realizována pouze na základě vizuálního vjemu a provozních zkušeností pracovníka. Jde o jednu z významných nevýhod původního zařízení. V manuálu jsou sice uvedeny maximální doporučené rychlosti protahování na základě materiálu obrobku, ale rychlost

obrábění nebyla nijak snímána, a pokud obsluha nebyla dostatečně zaškolená, mohlo snadno dojít k vytvoření zmetku, poškození protahovacího trnu či jeho držáku. V neprospěch tohoto způsobu regulace rychlosti hovoří i jeho častá poruchovost.



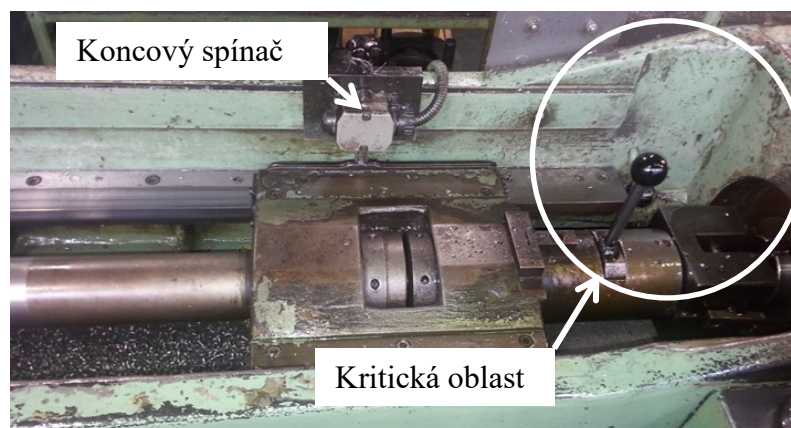
Obr. 2.4 – Radiální pístový hydrogenerátor s písty v rotoru HP4M s regulačním obvodem, rok výroby 1961 ⁶

Další veličinou, která není měřena, a tudíž její nastavování bylo prováděno opět pouze na základě zkušeností obsluhy, je dráha pohybu pístnice přímočarého hydromotoru se saněmi pro uchycení protahovacího trnu. K protahování dochází při zasouvání pístnice a s ohledem na časové a energetické úspory, se nevyužívá celý zdvih hydromotoru. Činná je pouze jeho část potřebná k aplikaci trnu, projetí celé pracovní délky přes obrobek a umožňující jeho pohodlné vyjmutí po protažení. Rovněž při vysouvání pístnice, tedy při najíždění do počáteční polohy, je potřeba zastavit pohyb dříve, než je dovoleno maximálním zdvihem. Tyto dvě meze seřizovač nastavoval posouváním dvou kladičkových koncových spínačů po bočních lištách vedených nad saněmi (Obr. 2.8). K zastavení pohybu hydromotoru při vysouvání a zasouvání pak docházelo pouze při najetí saní na tyto spínače. Špatně zvolené polohy snímačů mohly vést k předčasnému zastavení hydromotoru v poloze, kdy by nebylo možno nástroj upnout nebo naopak k přjetí bezpečné vzdálenosti při vysouvání, čímž by mohlo dojít k vrazení saní do upínací hlavy s následným poškozením obrobku nebo stroje.



Obr. 2.6– Detail mechanismu regulace rychlosti v reálu

S přihlédnutím k tomu, že je nutné, aby pracovník obsluhy při užívání stroje a manipulaci s obrobky a trny vkládal ruce do prostoru protahování, je dalším aspektem, který vyžaduje modernizaci, zabezpečení této oblasti. Hrozí zde nebezpečí přimáčknutí či stříhu (Obr. 2.7). S touto činností je spojeno i dlouhodobé vystavení pokožky na ruku obsluhy působení obráběcí kapaliny. Bezpečnost řeším samostatně v kapitole 7.



Obr. 2.7 - Detail kritické oblasti a koncového snímače

Pracovním médiem je hydraulický olej HLP 46. Jelikož je stroj určen k užívání v halách, kde se nepředpokládají extrémně nízké ani vysoké teploty, není obvod vybaven topným tělesem ani chladičem. K uchlazení pohonu přispívají rovněž i prodlevy na výměnu obrobku a přeložení trnu během protahovacího cyklu. Na základě informací od provozovatele, neměli v minulosti s přehříváním hydraulického systému problémy.

Pro shrnutí uvádím přehled výhod a nevýhod původního pohonu stroje.

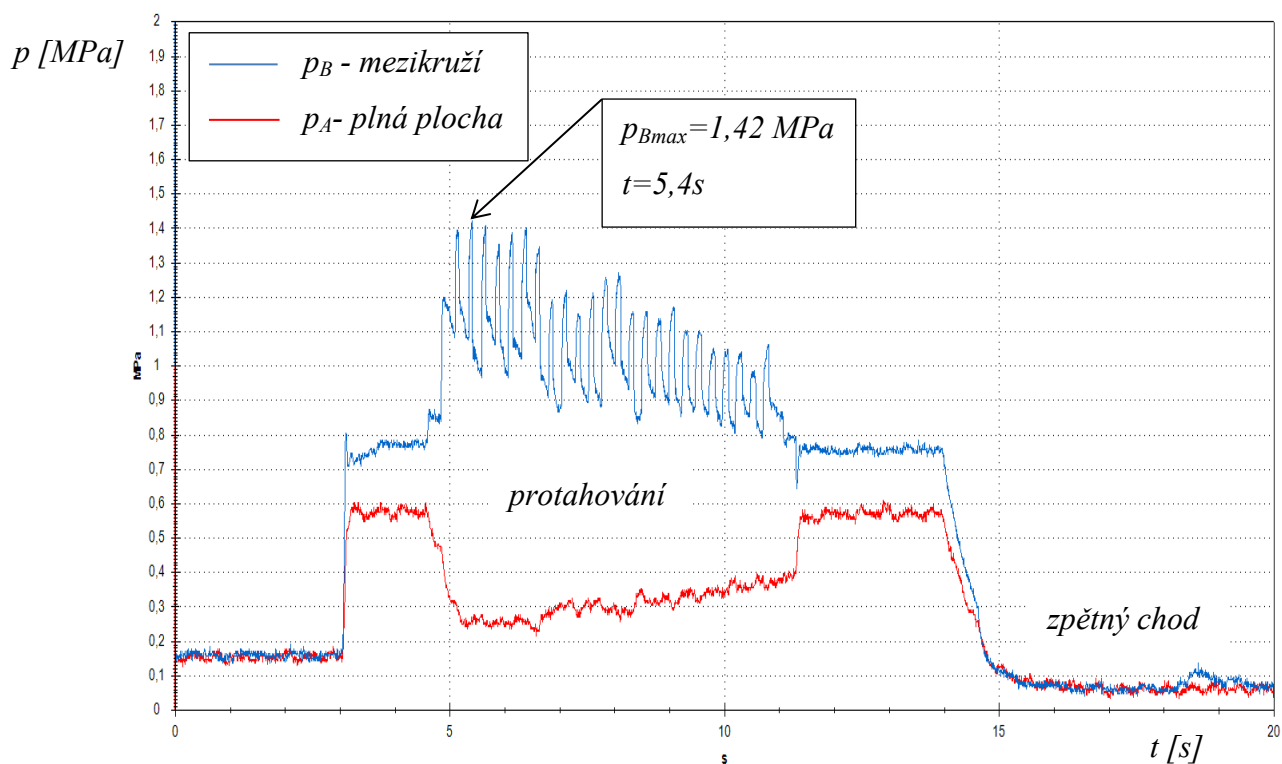
Výhody stávajícího pohonu	Nevýhody stávajícího pohonu
<ul style="list-style-type: none"> - Možnost regulace průtoku - Jednoduché ovládání - Robustní a odolné provedení 	<ul style="list-style-type: none"> - Častá poruchovost - Podstatný vliv lidského faktoru při nastavování - Nedostatečná bezpečnost - Absence zpětné vazby

2.6 VÝPOČTY PŮVODNÍHO OBVODU A MĚŘENÍ

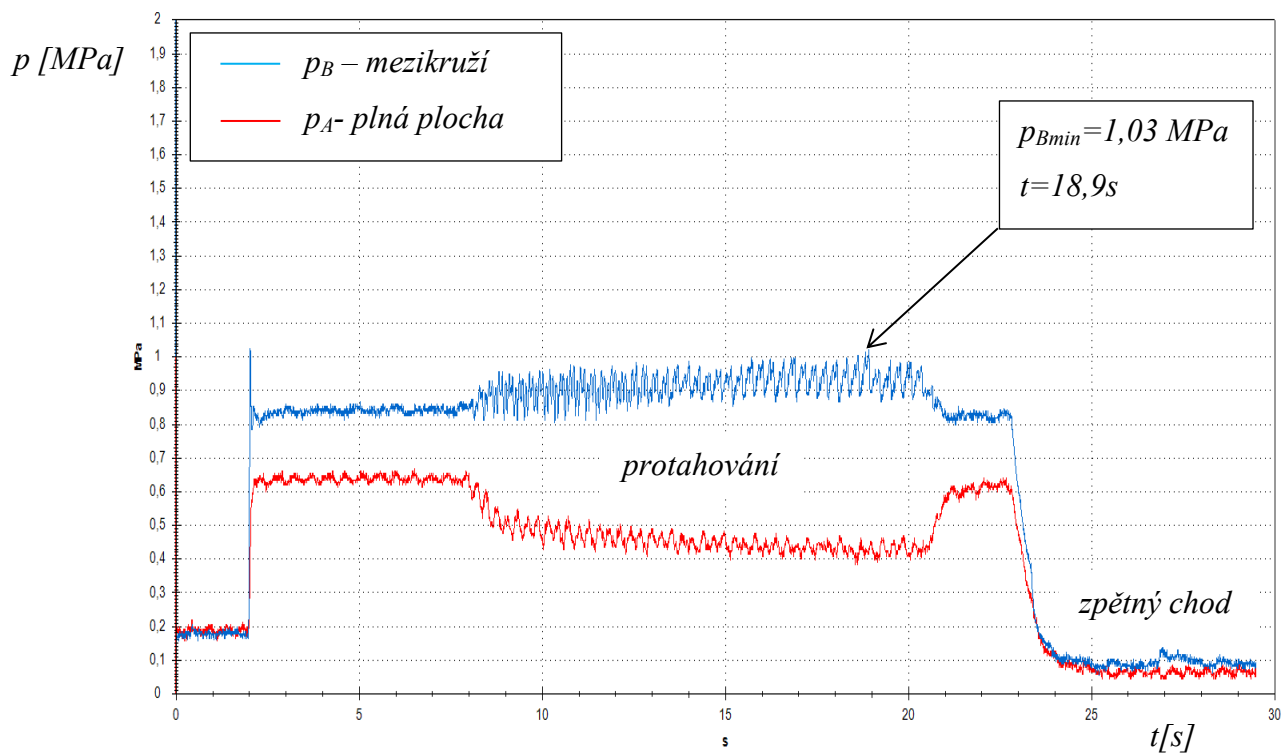
Při mé první návštěvě za účelem analýzy funkce protahovacího stroje, jsem si všiml, dle mého názoru, poměrně velkých protahovacích trnů. Z tohoto důvodu jsem si chtěl ověřit, zda nedochází k přetěžování stroje, případně není-li provozován na vyšší parametry, využíváním vyšších sil. Proto jsem provedl měření tlaků na mezikruží hydromotoru při minimální zátěžové síle ($F_{skmin} \Rightarrow p_{skmin}$), tedy při tvorbě nejmenší a nejnižší drážky a při maximální zátěžové síle ($F_{skmax} \Rightarrow p_{skmax}$), při tvorbě 8ks drážek uvnitř obrobku na jedno protažení trnem o maximálním dovoleném průměru 90 mm (Obr. 2.9). V obou případech byla rychlost při protahování $2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a při zpětném chodu $20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Tyto rychlosti se při obrábění využívají nejčastěji. K měření jsem použil analogové snímače tlaku SCPT-150-02-02 (rozsah $0 \div 150 \text{ bar}$, přesnost 0,5%, Obr. 2.12) a průběh zaznamenal na přístroj Service Master Plus SCM 500 od firmy Parker (Obr. 2.13). Výsledky jsem graficky zpracoval v programu SensoWin (Obr. 2.10 a 2.11). V současném výrobním programu provozovatele se však nevyužívá silových ani rychlostních limitních hodnot stroje. Abych neomezil rozsah použitelnosti stroje, musím při návrhu vycházet z původních technologických parametrů.



Obr. 2.8 – Protahování největším trnem $\varnothing 90 \text{ mm}$



Obr. 2.9 – Průběhy tlaků při protahování největším trnem $\varnothing 90$ mm
(grafický záznam ze SensoWin)



Obr. 2.10 - Průběhy tlaků při protahování nejmenším trnem
(grafický záznam ze SensoWin)



Obr. 2.11 – Napojení snímačů na
PHM



Obr. 2.12 - Přístroj Service Master Plus SCM
500

Minimální naměřený tlak při protahování:

$$p_{skBmin} = 1,03 \text{ MPa} = 1,03 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Maximální naměřený tlak při protahování:

$$p_{skBmax} = 1,42 \text{ MPa} = 1,42 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Maximální naměřený tlak při zpětném chodu:

$$p_{skAmax} = 0,085 \text{ MPa} = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Pro výpočet sil je třeba znát plochu mezikruží hydromotoru S_2 , kterou vypočtu ze zadaných maximálních hodnot tlaku p_{max} a F_{max} , uvedených v návodu k použití.

Plocha mezikruží:

$$S_2 = \frac{F_{max}}{p_{max}} = \frac{100\,000 \text{ N}}{8,8 \cdot 10^6 \text{ Pa}} = 0,0114 \text{ m}^2 \quad (2.1)$$

Z důvodu zachování původního konstrukčního řešení mechanismu stroje, zejména uchycení k pojezdovým saním, ponechám původní průměr pístnice d , který jsem si změřil.

$$d = 70 \text{ mm}$$

Tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet obsahu průřezu pístnice S_3 .

$$S_3 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,07 \text{ m})^2}{4} = 0,00385 \text{ m}^2 \quad (2.2)$$

Součtem těchto ploch pak získám plnou plochu pístu S_I .

$$S_1 = S_2 + S_3 = 0,0114 \text{ m}^2 + 0,00385 \text{ m}^2 = 0,01525 \text{ m}^2 \quad (2.3)$$

Z plochy pístu S_I vypočtu průměr pístu.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,01525 \text{ m}^2}{\pi}} = 0,139 \text{ m} = 140 \text{ mm} \quad (2.4)$$

Naměřená minimální síla při protahování:

$$F_{skmin} = p_{skBmin} \cdot S_2 = 1,03 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 0,0114 \text{ m}^2 = 11\,742 \text{ N} \quad (2.5)$$

Naměřená maximální síla protahování:

$$F_{skmax} = p_{Bmax} \cdot S_2 = 1,42 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 0,0114 \text{ m}^2 = 16\,188 \text{ N} \quad (2.6)$$

Navzdory očekávání, zmíněném v úvodu této kapitoly, je naměřená síla u největšího trnu, který se ve výrobě používá, nepoměrně menší oproti maximální síle, jež je uvedená v návodu stroje. Jako hlavní příčiny této nízké hodnoty shledávám, na základě vztahů (1.1) až (1.3) pro výpočet protahovací síly, v tom, že obráběný díl měl délku obráběné plochy pouze 30 mm, tudíž v záběru bylo málo zubů a drážky, i když jich byl větší počet, nebyly hluboké.

Z výše naměřených a vypočtených hodnot dosazením do vzorců zjistím potřebné průtoky pro pohyb hydromotoru při protahování

$$\text{Průtok při rychlosti protahování } v_{skpr} = 2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = 0,042 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_{skpr} = S_2 \cdot v_{skpr} = 0,0114 \text{ m}^2 \cdot 0,0417 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4,75 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (2.7)$$

$$Q_{skpr} = 28,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

$$\text{Průtok při rychlosti vysouvání } v_{skv} = 20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = 0,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_{skv} = S_1 \cdot v_{skv} = 0,01525 \text{ m}^2 \cdot 0,333 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5,0833 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (2.8)$$

$$Q_{skv} = 305 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

Pro geometrické objemy čerpadla u protahování a vysouvání platí, při neměnných otáčkách elektromotoru, $n = 1435 \text{ min}^{-1}$:

$$V_{gskpr} = \frac{Q_{skpr}}{n} = \frac{28,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}}{1435 \frac{1}{\text{min}}} = 0,01986 \text{ dm}^3 = 19,86 \text{ cm}^3 \quad (2.9)$$

$$V_{gskv} = \frac{Q_{skv}}{n} = \frac{305 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}}{1435 \frac{1}{\text{min}}} = 0,21254 \text{ dm}^3 = 212,54 \text{ cm}^3 \quad (2.10)$$

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že regulační rozsah hydrogenerátoru je v poměru přibližně 1:10. Avšak pokud bych se řídil při návrhu pohonu pouze naměřenými hodnotami, bylo by zařízení omezeno pouze na současný výrobní program. Proto, na základě výše uvedených vztahů, výpočtu hodnoty hydrogenerátoru pro celý rychlostní rozsah, který jsem našel v manuálu stroje, jak uvádím v kapitole 2.2.

Průtok při minimální rychlosti protahování $v_{prmin} = 1 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = 0,0167 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$Q_{prmin} = S_2 \cdot v_{prmin} = 0,0114 \text{ m}^2 \cdot 0,0167 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,9 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (2.11)$$

$$Q_{prmin} = 11,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

Průtok při maximální rychlosti protahování $v_{prmax} = 10 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = 0,1667 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$Q_{prmax} = S_2 \cdot v_{prmax} = 0,0114 \text{ m}^2 \cdot 0,1667 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (2.12)$$

$$Q_{prmax} = 114 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

Průtok při minimální rychlosti zpětného chodu $v_{vmin} = 10 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = 0,1667 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$Q_{vmin} = S_1 \cdot v_{vmin} = 0,01525 \text{ m}^2 \cdot 0,1667 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2,54 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (2.13)$$

$$Q_{vmin} = 152,53 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

Průtok při maximální rychlosti zpětného chodu $v_{vmax} = 25 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = 0,4167 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$Q_{vmax} = S_1 \cdot v_{vmax} = 0,01525 \text{ m}^2 \cdot 0,4167 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 6,354 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (2.14)$$

$$Q_{vmax} = 381,25 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

Minimální geometrický objem hydrogenerátoru pak bude:

$$V_{gprmin} = \frac{Q_{prmin}}{n} = \frac{11,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}}{1435 \frac{1}{\text{min}}} = 7,944 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 7,944 \text{ cm}^3 \quad (2.15)$$

Pro maximální geometrický objem platí

$$V_{gvmax} = \frac{Q_{vmax}}{n} = \frac{381,25 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}}{1435 \frac{1}{\text{min}}} = 0,2657 \text{ dm}^3 = 265,68 \text{ cm}^3 \quad (2.16)$$

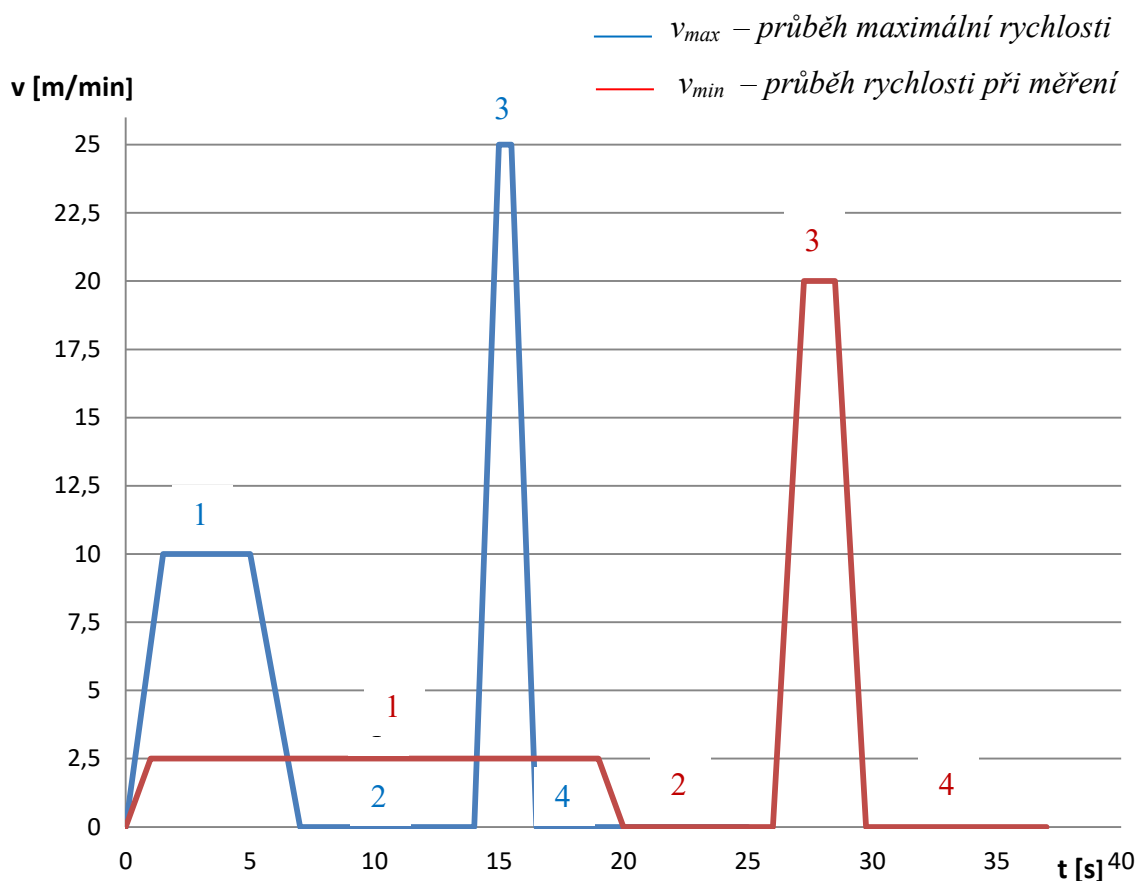
Pro limitní rychlosti je tedy regulační rozsah hydrogenerátoru přibližně 1:30. Tyto hodnoty použiji pro návrh hydraulického pohonu v následující kapitole.

3. NÁVRH NOVÉHO HYDRAULICKÉHO POHONU

Při navrhování hydraulické pohony horizontálního protahovacího stroje RWI 10 jsem vycházel z parametrů původního pohonu a z měření. Nový pohon by měl mít takové parametry, které budou schopny pokrýt rychlostní rozsah pohybu hydromotoru, bude splňovat současné bezpečnostní požadavky a jeho ovládání by mělo být modernizované a uživatelsky přívětivější. Možností jak hydraulicky takový stroj pohánět je mnoho. V této práci jsem vzal v potaz tři možná řešení, z nichž jsem po následném porovnání vybral to nejvýhodnější.

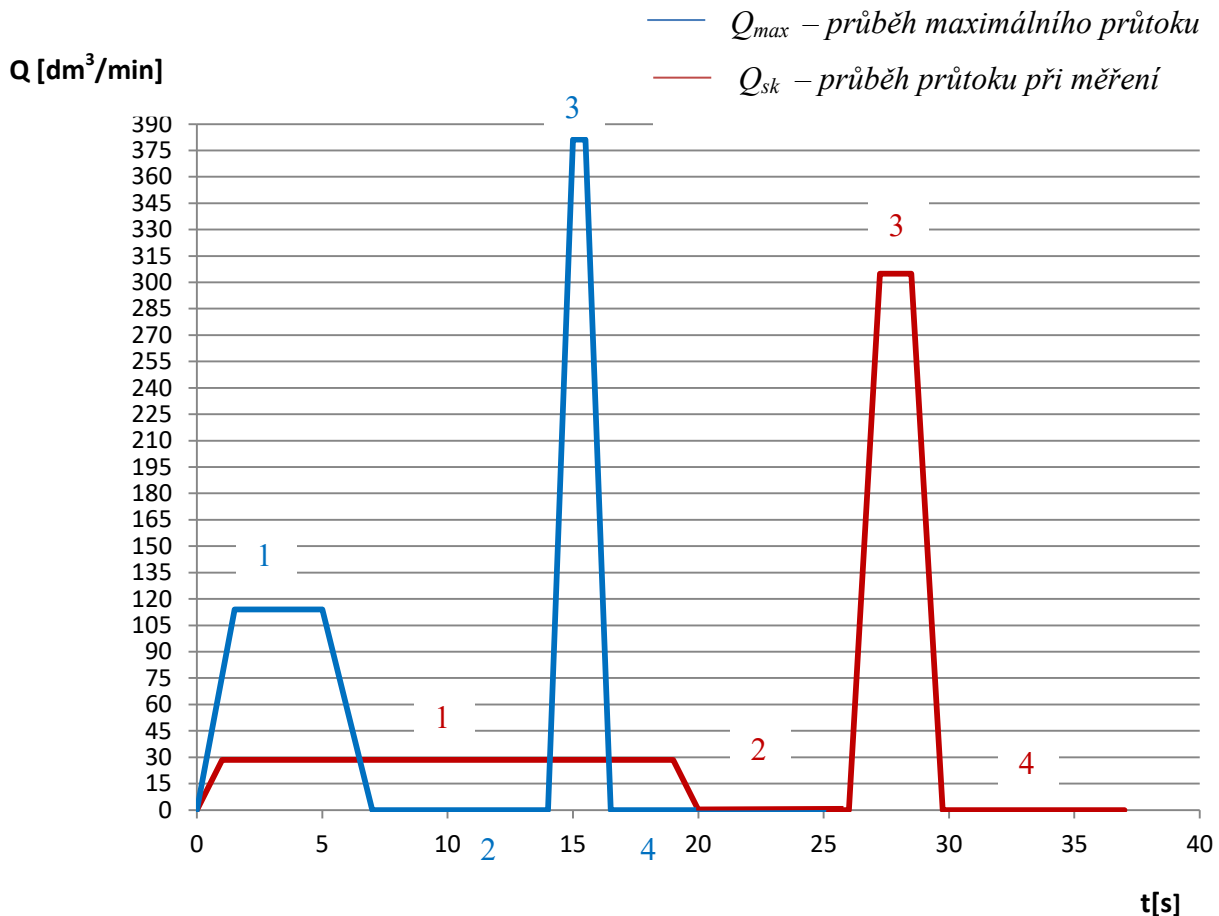
3.1 PRACOVNÍ A ODBĚROVÝ DIAGRAM STROJE

K řešení návrhu hydraulického obvodu jsem sestavil pracovní a odběrový diagram (Obr. 3.1, Obr. 3.2.). Tyto diagramy jsem vytvořil na základě analýzy a měření původního pohonu. Slouží k přehlednější a názornější orientaci v zadané problematice.



Obr. 3.1 – Pracovní diagram průběhu rychlosti

1 – Protahování, 2 – Vyjmutí nástroje, výměna obrobku, 3 – Zpětný chod,
4 – Očištění a nasazení nástroje



Obr. 3.2 – Odběrový diagram průtoku za jednu periodu protahovacího cyklu

1 – Protahování, 2 – Vyjmutí nástroje, výměna obrobku, 3 – Zpětný chod,
4 – Očištění a nasazení nástroje

3.2 VOLBA NEJVHODNĚJŠÍHO ŘEŠENÍ HYDRAULICKÉHO SYSTÉMU

Vzhledem k požadovanému velkému rychlostnímu rozsahu pohybu hydromotoru při protahování a zpětném chodu, je třeba brát v potaz i z toho vyplývající značné rozmezí průtoků. Tuto skutečnost jsem ověřil výpočty a měřeními v předchozí kapitole. Právě tato průtoková škála je primárním kritériem pro uvažovaný hydraulický obvod. Proměnlivý odběr kapaliny během pracovního cyklu může být řešen mimo jiné regulačním hydrogenerátorem, využitím tlakové energie akumulátoru v kombinaci s proporcionálním ventilem nebo regulací otáček hydrogenerátoru pomocí frekvenčního měniče.

3.2.1 Obvod regulačním hydrogenerátorem

Jako jeden z možných návrhů je zachovat původní řešení a využít pro pokrytí celého průtokového rozsahu regulační hydrogenerátor s proměnným geometrickým objemem. V současnosti by však byl jeden axiální pístový hydrogenerátor s geometrickým objemem 270 cm^3 a jeho regulačním rozpětím 1:30 finančně velmi nákladný, řádově stovky tisíc. I

jeho řízení by bylo poměrně komplikované. Z těchto důvodů se tímto řešením nebudu dále podrobněji zabývat.

3.2.2 Regulační obvod s akumulátorem

V tomto odvodu by bylo k pohybu hydromotoru pro protahování a zpětný chod použito dvou samostatných regulačních lamelových hydrogenerátorů. Jeden o maximálním geometrickém objemu 270 cm^3 s regulačním rozsahem 1:2,5 pro přívod kapaliny na plnou plochu, tedy pro zpětný chod. Druhý s maximálním geometrickým objemem 8 cm^3 s regulačním rozsahem 1:10 pro pohyb protahování. Každý hydrogenerátor by byl poháněn svým elektromotorem, na plné ploše o příkonu 0,75 kW, na mezikruží 22 kW. Po výpočet příkonu elektromotoru platí vztah (3.1), kde za Q jsem dosadil maximální průtoky při protahování či zpětném chodu ze vzorců (2.12) a (2.14) a za p maximální pracovní tlak uvedený v manuálu stroje ($p_{max} = 8,8 \text{ MPa}$) a naměřený tlak během vratného pohybu ($p_{skAmax} = 0,085 \text{ MPa}$). Pro tyto hydrogenerátory je uváděná celková účinnost $\eta_c = 0,8$.

$$P = Q \cdot p \cdot \frac{1}{\eta_c} [\text{kW}] \quad (3.1)$$

$$P_1 = Q_{prmax} \cdot p_{max} \cdot \frac{1}{\eta_c} = 1,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 8,8 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \frac{1}{0,8} \quad (3.2)$$

$$P_1 = 20,9 \text{ kW}$$

Nejbližší běžný větší elektromotor je s příkonem 22 kW¹⁸.

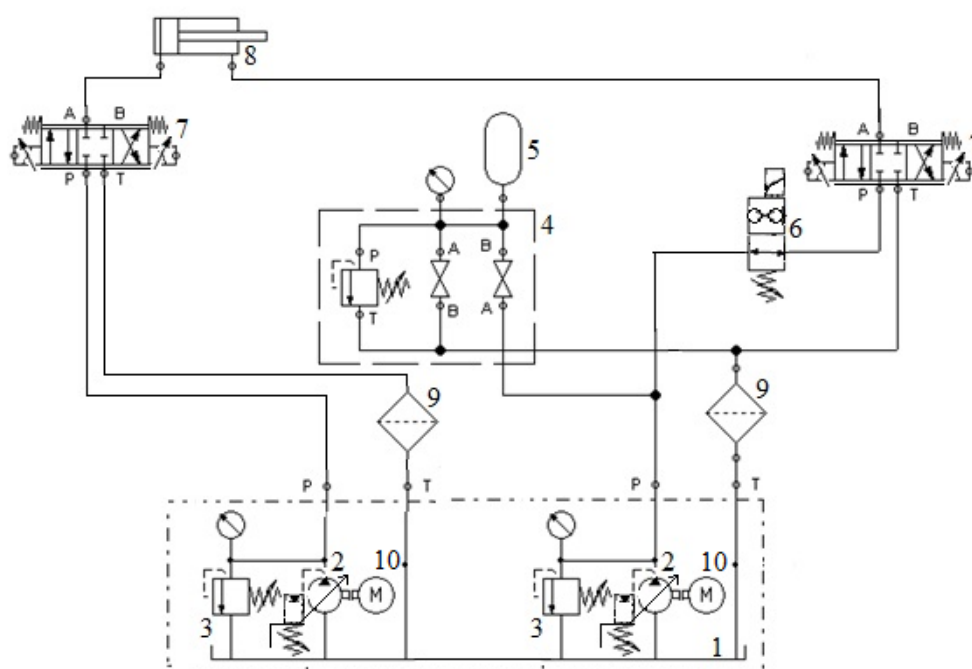
$$P_2 = Q_{vmax} \cdot p_{skAmax} \cdot \frac{1}{\eta_c} = 6,354 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \text{ Pa} \cdot \frac{1}{0,8} \quad (3.3)$$

$$P_2 = 0,69 \text{ kW}$$

Nejbližší běžný větší elektromotor je s příkonem 0.75 kW¹⁸.

Obě funkce by byly řízeny dvojicí proporcionálních rozváděčů, aby bylo umožněno jeho regulovaným otvíráním po rampě plynule ovládat rychlost pohybu hydromotoru. Pro případ potřeby zvýšeného průtoku, při maximální rychlosti protahování, by byl do této větve instalován vakový akumulátor. Základní funkcí hydraulického akumulátoru je akumulovat, tedy hromadit tlakovou energii kapaliny. Principiálně jde o přeměnu tlakové energie kapaliny na energii deformační stlačeného plynu^{17,11}. Kromě energetické podpory hydrogenerátoru shledávám jako další výhodu možnost eliminovat tlakové pulsace z hydrogenerátoru (jež lze pozorovat z průběhů tlaků z měření, Obr. 2.10 a 2.11) a snížit tak vibrace při protahování. Od realizace tohoto obvodu, i přes jeho výhody,

nakonec ustupuji, neboť instalací akumulátoru bych nedodržel přání zákazníka snížit počet tlakových lahví na daném pracovišti a neměnit zástavbové rozměry stroje. Mezi negativa patří i použití proporcionálního rozváděče, který klade zvýšené požadavky na čistotu kapaliny. Kvůli bezpečnosti by bylo potřeba do tlakové větve funkce protahování vložit odsekávací ventil. Mohlo by dojít k nežádoucímu vstupu tlakové kapaliny z akumulátoru do PHM, k jeho nenadálému pohybu a tím i k úrazu, v případě, že by obsluha vykonávala nějakou činnost v místě lože. Navíc kombinace dvou samostatných pohonných jednotek, akumulátoru, proporcionálního rozváděče a odsekávacího ventilu by značně navýšila pořizovací cenu takového pohonu. Pro představu uvádím návrh tohoto obvodu. (Obr. 3.3).



Obr. 3.3 – Schéma obvodu s akumulátorem

1 – Nádrž, 2 – Lamelový hydrogenerátor s regulací na konstantní tlak, 3 – Pojistný ventil, 4 – Pojistný blok, 5 – Akumulátor, 6 – Odsekávací ventil, 7 – Proporcionální rozváděč, 8 – PHM, 9 – Odpadní filtr, 10 – Elektromotor

3.2.3 Obvod s frekvenčně řízeným pohonem

Třetím řešením je použití moderního komplexního pohonu, kde zdrojem tlaku a průtoku bude neregulační lamelový hydrogenerátor a množství dodávaného průtoku bude dle potřeby měněno regulací otáček na výstupní hřídeli elektromotoru pomocí frekvenčního měniče. Toto je umožněno přeměnou kmitočtu sítě a jejího napětí na hodnoty, které lze regulovat. Regulační rozsah tohoto pohonu může být od

(300 ÷ 3 000) ot.min⁻¹. Nesporná výhoda tohoto pohonu spočívá v tom, že řízení otáček je efektivní způsob vedoucí ke snížení energetické spotřeby. Obvod se bude dále skládat pouze z odlehčovacího ventilu pro hydrogenerátor a klasického hydraulického rozváděče. Jednoduchost tohoto obvodu s minimem drahých hydraulických prvků vede, oproti předchozím návrhům, k podstatnému snížení cenových nákladů. Nízký počet prvků rovněž snižuje náklady na skladování náhradních dílů a pravděpodobnost poruchy.

3.2.4 Porovnání návrhů

Pro přehlednější zhodnocení a porovnání návrhů uvádím jejich výhody a nevýhody do tabulky.

Typ pohonu	Výhody	Nevýhody
Obvod s regulačním axiálním pístovým hydrogenerátorem	<ul style="list-style-type: none"> - Jeden hydrogenerátor pro celý rozsah průtoku - Velmi dobrá účinnost pístového hydrogenerátoru, až 95% - Vysoká životnost 	<ul style="list-style-type: none"> - Velmi drahý a obtížně dostupný hydrogenerátor - Složitě řízení regulace - Velké zástavbové rozměry
Regulační obvod s akumulátorem	<ul style="list-style-type: none"> - Plynulá regulace pohybu PHM pomocí proporcionálního ventilu - Potlačení pulzací akumulátorem - Díky akumulátoru je možno použít menší HG i elektromotor - Komplikovaný obvod 	<ul style="list-style-type: none"> - Vyšší nároky na čistotu oleje - Použití tlakové nádoby - Vysoká cena obvodu díky aplikaci drahých hydraulických prvků
Frekvenčně řízený obvod	<ul style="list-style-type: none"> - Jeden hydrogenerátor pro celý rozsah průtoku - Použití měniče vede k energetické úspoře - Jednoduchý a levný obvod 	<ul style="list-style-type: none"> - Možnost výskytu poruchy frekvenčního měniče

Tab. 3.1 – Porovnání návrhů pohonu^{12,16}

Na základě tohoto porovnání volím jako pohon protahovacího stroje obvod s frekvenčním měničem. U této varianty řešení převládají zásadní výhody oproti zbylým dvěma návrhům.

3.3 NÁVRH ZVOLENÉHO TYPU POHONU

Pro snadnější orientaci a přehled zde uvádím zadané rychlosti a z nich vyplývající potřebné průtoky, maximální tlak v systému a maximální naměřený tlak při zpětném chodu. Na základě těchto hodnot provedu návrh hydraulického pohonu.

Průtok při minimální rychlosti protahování $v_{prmin} = 1 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$$Q_{prmin} = 1,9 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 11,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

Průtok při maximální rychlosti protahování $v_{prmax} = 10 \text{ m}$

$$Q_{prmax} = 1,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 114 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

Průtok při minimální rychlosti zpětného chodu $v_{vmin} = 10 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$$Q_{vmin} = 2,54 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 152,53 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

Průtok při maximální rychlosti zpětného chodu $v_{vmax} = 25 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$


$$Q_{vmax} = 6,354 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 381,25 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

Maximální tlak v systému: $p_{max} = 8,8 \text{ MPa} = 8,8 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

Maximální naměřený tlak při zpětném chodu: $p_{skAmax} = 0,085 \text{ MPa} = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

3.3.1 Návrh hydrogenerátorů

S ohledem na nízký tlak a velký průtok, se jeví jako vhodný typ hydrogenerátoru lamelový, který dokáže pracovat jak při nízkých, tak i při velmi vysokých otáčkách. Jako optimální řešení jsem našel lamelový hydrogenerátor od firmy PARKER ze série DCP (Drive Controlled Pump, Obr. 3.4). Tyto hydrogenerátory skýtají řadu výborných vlastností, které jsou výhodné zejména pro pohon protahovacího stroje.

	<ul style="list-style-type: none">- Vysoká objemová účinnost $\eta_o = 94\%$- Vysoká mechanická účinnost $\eta_m = 94\%$- Tichý chod- Široký rozsah otáček (300 ÷ 3000) ot.min⁻¹- Nízká tlaková pulzace
---	--

Obr. 3.4 – Lamelový hydrogenerátor, série DCP, PARKER ⁵

Kvůli zvýšení životnosti hydrogenerátoru omezím krajní meze rozsahu otáček o 200 ot.min⁻¹ nižší než uvádí výrobce (Obr. 3.4). Budu tedy počítat s otáčkami v mezích 500 až 2800 ot.min⁻¹. Podle katalogu výrobce má největší geometrický objem 137,5 cm³ hydrogenerátor typu D0042 (Tab. 3.2). Avšak ten se může používat jen do velikosti otáček 2700 ot.min⁻¹, čímž dosáhnou průtoku 371,25 dm³.min⁻¹, tedy o 10 dm³.min⁻¹ méně než je potřeba k maximální rychlosti 25 m.min⁻¹. Na základě tohoto poznatku raději zvolím dva různé menší hydrogenerátory se společným hřídelem.

Abych určil jaké typy hydrogenerátoru vybrat, potřebuji vypočítat jejich geometrické objemy z výše uvedených průtoků a zvoleného otáčkového rozsahu.

Geometrický objem menšího hydrogenerátoru zjistím dosazením minimálních hodnot otáček a průtoku.

$$V_{g2} = \frac{Q_{prmin}}{n_{min}} = \frac{11,4 \frac{dm^3}{min}}{500 \frac{1}{min}} = 0,0228 dm^3 = 22,8 cm^3 \quad (3.4)$$

Maximální geometrický objem vypočtu dosazením maximálních hodnot otáček a průtoku.

$$V_{gmax} = \frac{Q_{prmax}}{n_{max}} = \frac{381,25 \frac{dm^3}{min}}{2800 \frac{1}{min}} = 0,13616 dm^3 = 136,16 cm^3 \quad (3.5)$$

Protože pro zajištění největšího průtoku mohu využít obou čerpadel současně, geometrický objem většího čerpadla získám snížením V_{gmax} o V_{g2} .

$$V_{g1} = V_{gmax} - V_{g2} = 136,16 cm^3 - 22,8 cm^3 = 113,36 cm^3 \quad (3.6)$$

Pump code	Displacement [cm ³ /r]	min. speed [1/min]	max. speed [1/min]	Flow rate (1500 1/min. p 140 bar) [l/min]	max. operating pressure, permanent [bar]	max. operating pressure, temporary [bar]
A0006 - A0022	5.8 - 22.5	300	3000	7.0 - 31.5	300	275
A0025	24.9	300	3000	36	275	240
B0009 - B0010	28 - 31.8	300	3000	40.3 - 46	320 ¹⁾	290
B0011 - B0014	35 - 45	300	3000	50.8 - 65.8	300	275
B0015	50	300	2700	73.3	280	240
D0017 - D0031	55 - 99.2	300	3000	75.9 - 142.2	300	250
D0035 - D0038	113.4 - 120.6	300	3000	163.5 - 174.3	280	250
D0042	137.5	300	2700	199.6	260	230

Tab. 3.2 - Typy a parametry hydrogenerátorů série DCP⁵

Na základě vypočtených geometrických objemů a tabulky na Obr. 3.5 volím pro sestavení duálního hydrogenerátoru k pohonu stroje hydrogenerátory A0022 a D0035.

Každý hydrogenerátor bude mít svůj odlehčovací ventil, jehož přestavením dojde k přesměrování průtoku hydrogenerátoru do funkční větve obvodu. Ovládání těchto ventilů bude závislé na požadované rychlosti pohybu PHM. Tato výstupní veličina je určující zdali má být do PHM dodáván průtok pouze z menšího či většího hydrogenerátoru nebo z obou současně. Řízení je řešeno tak, aby otáčky pohonu byly neustále drženy ve zvoleném rozmezí (500÷2800) ot.min⁻¹. Který hydrogenerátor při jaké rychlosti a operaci bude aktivní, uvádím níže v tabulkách.

Legenda:

	Pouze hydrogenerátor A0022 s $V_{g2} = 22,5 \text{ cm}^3$
	Pouze hydrogenerátor D0035 s $V_{g1} = 113,4 \text{ cm}^3$
	Oba hydrogenerátory s $V_{gmax} = V_{g1} + V_{g2} = 136,16 \text{ cm}^3$

Protahování, $v = 1 \div 10 \text{ m/min}$		
$v [\text{m/min}]$	$Q [\text{dm}^3/\text{min}]$	$n [\text{ot./min}]$
1	11,40	507
1,5	17,10	760
2	22,80	1013
2,5	28,50	1267
3	34,20	1520
3,5	39,90	1773
4	45,60	2027
4,5	51,30	2280
5	57,00	503
5,5	62,70	553
6	68,40	603
6,5	74,10	653
7	79,80	704
8	91,20	804
9	102,60	905
10	114,00	1005

Tab. 3.3 - Aktivace hydrogenerátorů při protahování

Zpětný chod, $v = 10 \div 25 \text{ m/min}$		
$v [\text{m/min}]$	$Q [\text{dm}^3/\text{min}]$	$n [\text{ot./min}]$
10	152,50	1345
11	167,75	1479
12	183,00	1614
13	198,25	1748
14	198,25	1748
15	228,75	2017
16	244,00	2152
17	259,25	2286
18	274,50	2421
19	289,75	2555
20	305,00	2244
21	320,25	2357
22	335,50	2469
23	350,75	2581
24	366,00	2693
25	381,25	2805

Tab. 3.4 - Aktivace hydrogenerátorů při zpětném chodu

3.3.2 Návrh elektromotoru

K návrhu elektromotoru potřebuji znát celkovou účinnost sestavy, která vyplývá ze součinu objemové a hydraulicko-mechanické účinnosti ¹⁵.

$$\eta_c = \eta_o \cdot \eta_{hm} = 0,94 \cdot 0,94 = 0,8836 \quad (3.7)$$

Požadovaný příkon elektromotoru je určen maximálním průtokem a nejvyšším dovoleným tlakem v obvodu při protahování a maximálním průtokem a tlakem při zpětném chodu. Hodnoty průtoků jsem vypočetl ze vztahů (2.12) a (2.14). Tlak při protahování jsem získal z manuálu stroje a tlak při zpětném chodu jsem zjistil měřením, které popisují v kapitole 2.6.

Příkon pro protahování:

$$P = Q_{prmax} \cdot p_{max} \cdot \frac{1}{\eta_c} = 1,9 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s} \cdot 8,8 \cdot 10^6 Pa \cdot \frac{1}{0,8836} \quad (3.8)$$


$$P = 18,92 kW$$

Příkon pro zpětný chod:

$$P = Q_{vmax} \cdot p_{skAmax} \cdot \frac{1}{\eta_c} = 6,35 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s} \cdot 8,5 \cdot 10^4 Pa \cdot \frac{1}{0,8836} \quad (3.9)$$

$$P = 0,54 kW$$

Dle vyššího ze dvou vypočtených příkonů volím elektromotor, k pohánění duálního hydrogenerátoru, opět z katalogu firmy PARKER pro DCP pohony.

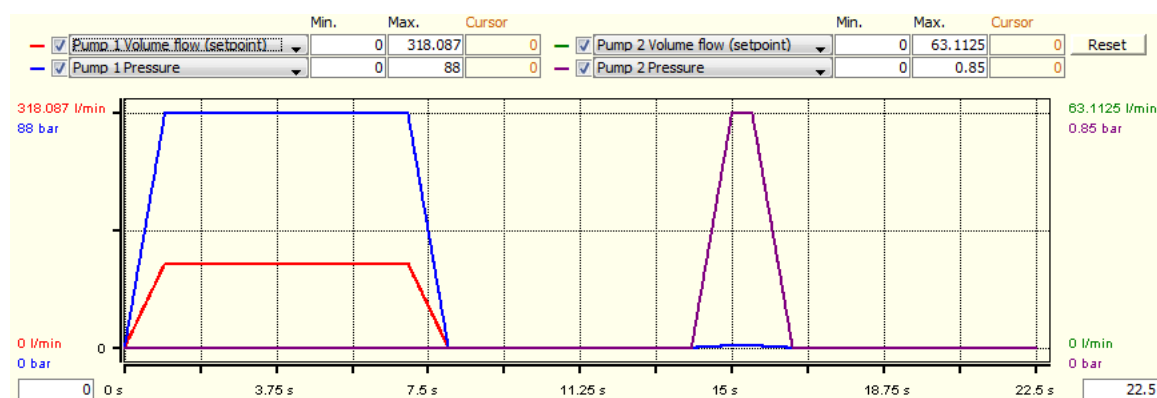
	<p><u>Třífázový asynchronní elektromotor 019</u></p> <p>Příkon – 18,5 kW</p> <p>Účinnost – 84%</p> <p>Napájecí napětí – 400V/50 Hz</p> <p>Maximální otáčky – 4200 ot.min⁻¹</p> <p>Maximální krouticí moment – 411 N.m</p>
---	--

Obr. 3.5 – Navržený elektromotor pohonu⁵

Motor jsem zvolil s nižším příkonem, než jsem vypočítal, jelikož během protahovacího cyklu jsou technologické přestávky, při kterých očekávám, že se motor stihne ochladit a mohu si dovolit jej přetěžovat. Tento předpoklad ověřím pomocí výpočtového softwaru DriveCreator.

3.3.3 Ověření výpočtů a návrh frekvenčního měniče pomocí softwaru

Do programu DriveCreator jsem zadal změny tlaků a průtoků v závislosti na čase během pracovního cyklu na protahovacím stroji, jejichž průběhy jsou zobrazeny v grafu (Obr. 3.7). Ověření jsem prováděl pro maximální rychlosti protahování i zpětného chodu a maximální protahovací sílu, tedy pro maximální průtoky a tlak. Následně jsem z databáze vybral výpočty navržené hydrogenerátory a elektromotor. Frekvenční měnič jsem zvolil z databáze takový, aby vyhovoval již specifikovaným součástem. Na základě takto vložených dat software provedl vyhodnocení, zdali mnou určené komponenty jsou pro řešený pohon vyhovující. Kontrolou správné volby jsou zelená čísla ve sloupcích u každé požadované veličiny na zobrazení parametrů jednotlivých dílů pohonu. Níže uvádím výstupní data z Drive Creatoru (Obr. 3.6 - 3.11, překlad anglických výrazů je uveden příloze A).





Obr. 3.6 – Vykreslení průběhů maximálních průtoků a tlaků, během jednoho pracovního cyklu protahovacího stroje, v DriveCreatoru

A	Sequence index							H	Final pressure pump 1 [bar]			
B	Start time [s]							I	Start volume flow pump 2 [l/min]			
C	Lead							K	Final volume flow pump 2 [l/min]			
D	Duration [s]							L	Start pressure pump 2 [bar]			
E	Start volume flow pump 1 [l/min]							M	Final pressure pump 2 [bar]			
F	Final volume flow pump 1 [l/min]							N	Comment			
G	Start pressure pump 1 [bar]											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
0	0	0	1	0	114	0	88	0	0	0	0	Zacátek protahování
1	1	0	6	114	114	88	88	0	0	0	0	Protahování
2	7	0	1	114	0	88	0	0	0	0	0	Konec protahování
3	8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	Vytazení nástroje a obrobku
4	14	0	1	0	318.087	0	0.85	0	63.1125	0	0.85	Zacátek zpetného chodu
5	15	0	0.5	318.087	318.087	0.85	0.85	63.1125	63.1125	0.85	0.85	Zpetný chod
6	15.5	0	1	318.087	0	0.85	0	63.1125	0	0.85	0	Konec zpetného chodu
7	16.5	0	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	Nasazení nástroje
8	22	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	Zacátek protahování

Tab. 3.5 – Hodnoty zadané do DriveCreatoru

3AC
Data source: Initial values

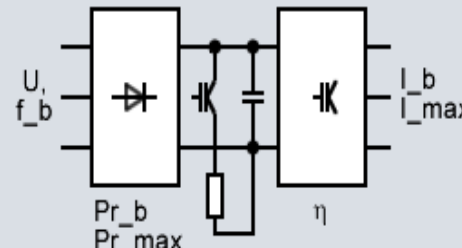



Check 

	nominal	needed	
Mains voltage U	400		V
Mains frequency f	50		Hz
Average current I		11.0587	A
Max. current I_max		35.4731	A
Average power P		7.66168	kW
Max. power P_max		24.5765	kW
Min. power P_min		0	kW
Energy consumption		172.388	kWs

Obr. 3.7 – Parametry zdroje pohonu

DCP 3 038 x x x xxx x x xxxxx
Data source: PH_Drives_w_BR_REV_E.txt

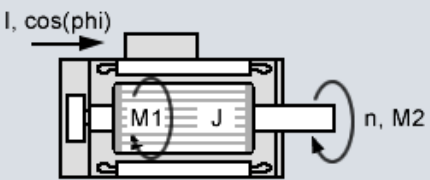



Check  Database

	nominal	needed	
Min. input voltage U_min	400	400	V
Max. input voltage U_max	480	400	V
Rated frequency f_b	50		Hz
Efficiency η	0.97		
Rated output current I_b	32	27.6135	A
Max. output current I_max	57	49.2234	A
Max. duration overload	60	6.63	s
Rated braking power Pr_b	15	0.017855	kW
Max. braking power Pr_max	22.5	0.980159	kW
Energy loss		9.22052	kWs

Obr. 3.8 – Parametry frekvenčního měniče

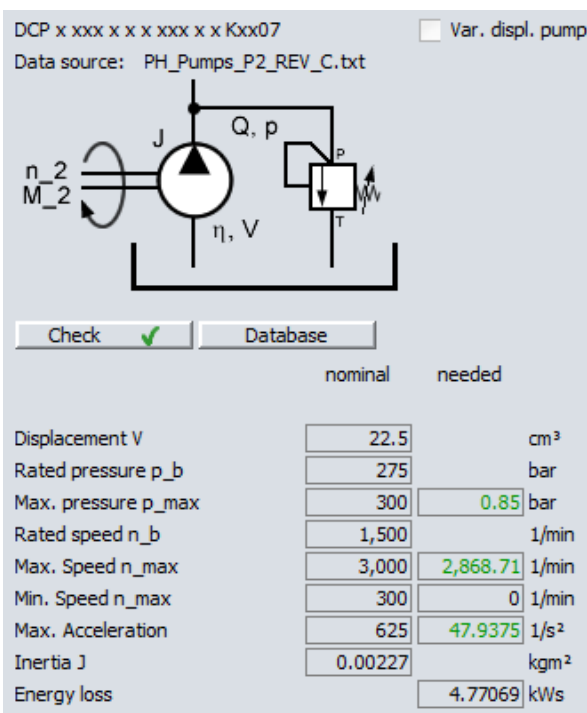
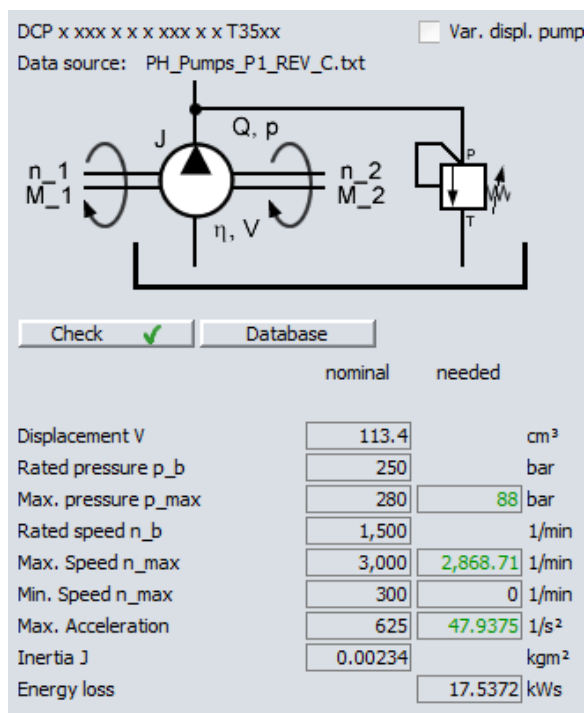
DCP x xxx x x N 015 F x xxxxx ☐ Self cooling
Data source: PH_ASM_REV_D.txt



Check  Database

	nominal	needed	
Rated voltage U_b	400		V
Rated current I_b	28		A
Power factor cos(phi)	0.85		
Inertia J	0.083		kgm ²
Rated frequency f_b	50		Hz
Rated speed n_b	1,475	522.327	1/min
Max. speed n_max	4,200	2,868.71	1/min
Min. speed n_min		0	1/min
Rated torque M1_b	97	54.9076	Nm
Stalling Torque M1_k	261.9		Nm
Max. torque M1_max	261.9	176.588	Nm
Min. torque M1_min		-25.5084	Nm
Thermal time constant	15.64		min
Max. over temperature	105	75.6905	K
Energy loss		28.2575	kWs

Obr. 3.9 – Parametry elektromotoru



Obr. 3.10 – Parametry 1. hydrogenerátoru

Obr. 3.11 - Parametry 2. hydrogenerátoru

Pomocí softwaru DriveCreator jsem ověřil, že mnou vyspecifikované komponenty, jsou pro navrhovaný frekvenčně řízený pohon protahovacího stroje RWI 10 vyhovující. Dokonce, vzhledem k technologickým přestávkám v pracovním cyklu, kdy se elektromotor stačí ochladit, je možné jej zvolit o jednu výkonnostní třídu nižší. Bude tedy stačit, místo vypočteného s příkonem 18,5 kW, třífázový asynchronní elektromotor s příkonem 15 kW, jehož atributy jsou uvedeny na Obr. 3.10. Pohon bude napájen ze zdroje třífázového napětí 400 V, s frekvencí 50 Hz (Obr. 3.8). Na základě informací obdržených z DriveCreatoru volím z katalogu frekvenční měnič AC Drive Controller AC690 +, typ 038 (Obr. 3.13).



Obr. 3.12 – Frekvenční měnič série AC690 +

Objednávací kód pro celou sestavu skládající se z frekvenčního měniče, elektromotoru a duálního lamelového hydrogenerátoru je DCP6038P0N015S0K3507, ve kterém je definováno následující:

DCP – Drive controlled pump system

6 – Řízení měničem AC690+

038 – Typ měniče [38 A]

P – PROFIBUS rozhraní

0 – Řízení průtoku

N – Standartní asynchronní motor

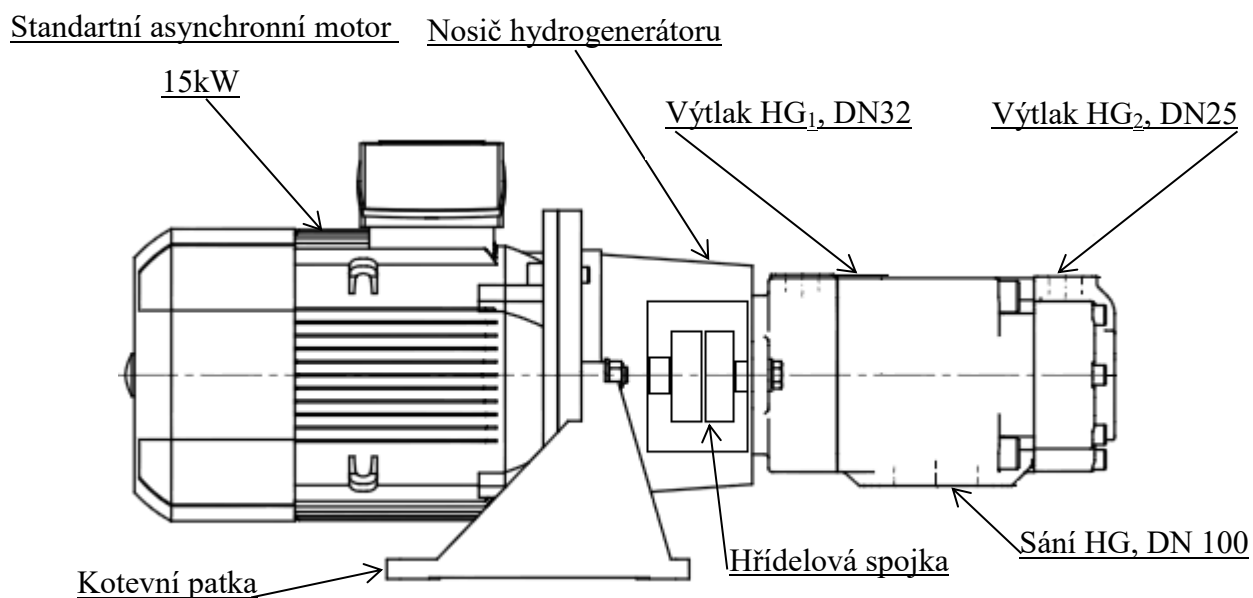
015 – Příkon elektromotoru [kW]

S – Integrované chlazení motoru

0 – Horizontální poloha pohonu

K3507 – Kód pro duální hydrogenerátor

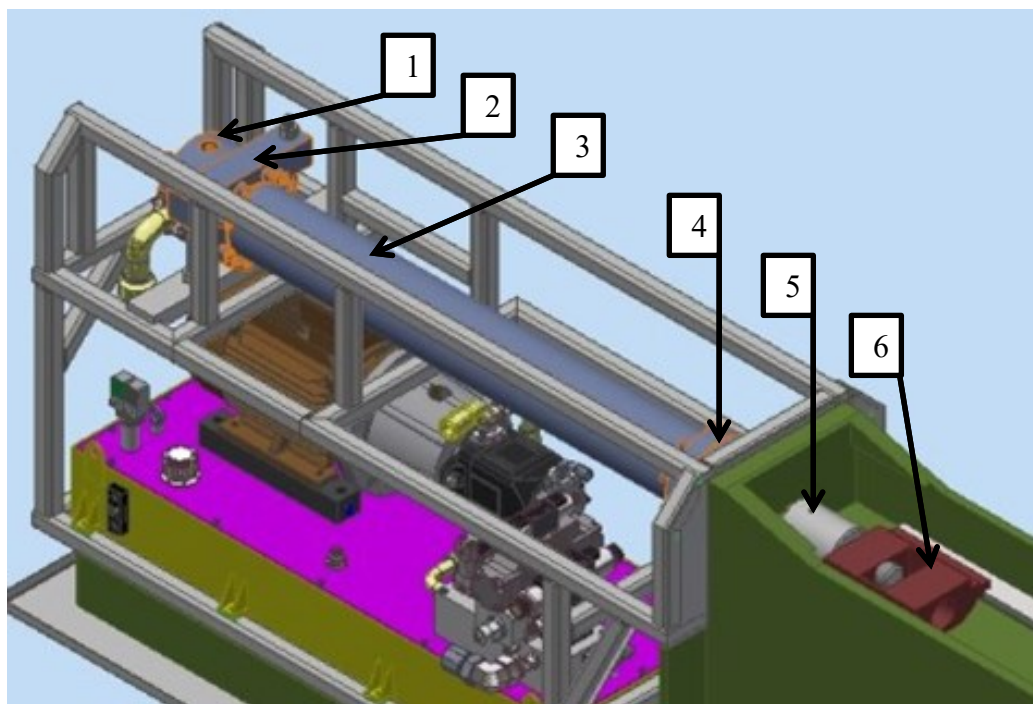
Firma PARKER dodává celou pohonnou sestavu již smontovanou jako celek včetně nosiče HG a hřídelové spojky (Obr. 3.14).



Obr. 3.13 – Sestava hydraulického pohonu DCP

4. NÁVRH PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

Zejména z důvodu potřebného silového působení a z výhod uvedených v části 1.4 vyplývá, že nejvhodnějším způsobem pro posun protahovacího nástroje je využití přímočarého hydromotoru, dále PHM. Pro protahovací stroj navrhují, s ohledem na těžké provozní podmínky v dvousměnném provozu, šroubované provedení s připevněním na příruby. Robustní konstrukce PHM a navržené těsnivo by mělo zaručit dlouhou životnost a bezporuchový provoz. Pokud by však i přes výše uvedená řešení došlo k závadě, šroubované provedení umožňuje snadnou demontáž a přetěsnění, tak, aby se prostojový čas zkrátil na nezbytné minimum. Těleso PHM je u zadního víka podepřeno a přitaženo třmenem ke konstrukci stroje. Uchycení předního víka je řešeno přírubou, která je rovněž přišroubována ke konstrukci. Koncové snímače v loži stroje pro snímání polohy saní jsou nahrazeny, z důvodů zmíněných v kapitole 2, integrovaným lineárním snímačem polohy BALUFF, jež je veden v duté pístnici.



Obr. 4.1 – Návrh uložení PHM, 1 – Zadní víko, 2 – Třmen, 3 – Těleso, 4 – Hlava, 5 – Pístnice, 6 – Saně

4.1 PARAMETRY PHM

Jelikož v tomto případě se jedná o generální opravu stávajícího stroje, při návrhu nového PHM budu vycházet z původních hodnot parametrů protahovacího stroje RWI 10. Nový PHM tak nebude zástavbovými rozměry příliš odlišný od původního. Změřené a vypočtené hodnoty jsem ověřil kontrolními výpočty.

Maximální potřebná síla protahování:

$$F_{max} = 100\,000\,N$$

Maximální hydraulický tlak v systému

$$p_{max} = 8,8\,MPa$$

Maximální zdvih PHM

$$l = 1350\,mm$$

4.1.1 Průměru pístu D

Průměr pístu jsem vypočetl v kapitole 2.4 dle vztahu (2.4) a je tedy

$$D = 140\,mm.$$

4.1.2 Průměr pístnice d

Průměr pístnice jsem změřil a zůstane, vzhledem k nutnosti dodržení rozměrových parametrů stroje, zachován,

$$d = 70\,mm.$$

4.2 SPECIFIKACE JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ PHM

Podmínky, jakými jsou neustálá přítomnost obráběcí kapaliny a ocelových třísek při procesu protahování, kladou značné nároky na materiál pro výrobu dílů PHM.

4.2.1 Pístnice

Pístnice je vystavena jednak riziku koroze, díky chemickému působení obráběcí emulze obsahující vodu, tak i možnosti mechanického poškození z důvodu ulpívání ocelových třísek na jejím povrchu. Z těchto důvodů jsem navrhl její výrobu z polotovaru kvalitnějšího materiálu 20MnV6 CROMSTEEL 500, opatřeného keramickým nástřikem zvyšujícím povrchovou tvrdost, čili odolnost proti poškrábání a odolnost proti korozi. Povrch pístnice bude mít drsnost $\min Ra = 0,2\,\mu m$. Další vlastnosti odpovídají dle ČSN oceli 13 220¹⁹. Na obou koncích pístnice budou vysoustruženy závity pro uchycení saní a

pístu. Pro úplné zamezení natahování nečistot pístnicí do vnitřního prostoru hydromotoru jsem uvažoval o prodloužení pístnice tak, aby ta část, na které ulpívají třísky z obrábění, vůbec nezajížděla do tělesa PHM. Bohužel však s ohledem na limitované zástavbové rozměry, toto řešení nebylo možné realizovat. Z toho důvodu stírání nečistot z pístnice vyřeším požitím speciálního stíracího kroužku (viz kapitola 4.2.5).


Pro zvýšení ovladatelnosti a přesnosti řízení plánuji použít PHM s odměřováním polohy. Za tímto účelem je v pístnici provedeno vrtání pro vsunutí lineárního snímače polohy BALUFF (Obr. 4.2), pracujícího na magnetostrikčním principu. Princip funkce magnetostrikčních lineárních snímačů spočívá v měření doby šíření mechanické vlny vzniklé pružnou deformací, založené na dvou jevech, magnetostrikčním Wiedmannově (tyč v magnetickém poli, jíž prochází proud, je namáhána krutem) a magnetoelastickým Villariho (deformace má za následek změnu magnetických vlastností).

Parametry materiálu pístnice¹⁹:

Mez pevnosti: $R_m = 600-750 \text{ MPa}$

Mez kluzu: $R_e = \min 390 \text{ MPa}$

Tvrдость keramické vrstvy 75 HRC

	<p><u>Snímač polohy BALUFF BTL7-E100-M1350-B-S32</u></p> <p>Měřicí délka – 1350 mm</p> <p>Napájecí napětí – 20-28 VDC</p> <p>Měřicí frekvence – 500 Hz</p> <p>Výstupní signál - 4-20 mA</p> <p>Přesnost - $\pm 40 \mu\text{m}$</p>
---	--

Obr.4.2 – Snímač polohy²⁵

4.2.1.1 Kontrola pístnice na tah

Jelikož dochází k hlavnímu silovému působení během protahování, kdy se pístnice zasouvá, provedu kontrolní výpočet pístnice na prostý tah.

Nástrojové saně, které jsou vedeny po kluzných lištách, jsou nasunuty na konec pístnice s vysoustruženým závitem a zajištěny dvěma KM maticemi (Obr 4.2). Právě zúžená místa za výběhem závitu na pístnicích jsou kritickým místem, kde se koncentruje

napětí a při cyklickém namáhání zde může dojít k únavovému lomu. Podle změřeného závitu na maticích bude na konci pístnice závit M 64x3. Ze strojnických tabulek jsem zjistil malý průměr závitu d_3 .²² Z této hodnoty vypočtu plochu průřezu S_3' pístnice v zúženém místě.

$$S_3' = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,060319 \text{ m})^2}{4} = 0,0029 \text{ m}^2 \quad (4.1)$$

$d_3 = 60,319 \text{ mm} = 0,060319 \text{ m}$ – průměr pístnice v zúženém místě za závitem



Obr. 4.2 – Místo napojení nástrojových saní na pístnici

Normálové napětí σ je u prostého tahu rozloženo na celou plochu průřezu rovnoměrně a jeho hodnotu získám dosazením do vztahu 4.3, přičemž pro kontrolu na tah musí být splněna podmínka $\sigma_t \leq \sigma_{Dt}$.

$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{S_3} = \frac{100\,000 \text{ N}}{0,0029 \text{ m}^2} = 34,48 \text{ MPa} \quad (4.2)$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_m}{k} = \frac{600 \text{ MPa}}{4} = 150 \text{ MPa} \text{ – dovolené napětí} \quad (4.3)$$

R_m – mez pevnosti, pro materiál 13220 je $600 \div 750 \text{ MPa}$, volím 600 MPa

k – koeficient bezpečnosti, $k = 2 \div 4$, volím $4 [-]$

Podmínka $\sigma \leq \sigma_{DOV}$ je splněna, $34,48 \text{ MPa} \leq 150 \text{ MPa}$

Tímto kontrolním výpočtem jsem prokázal, že zvolený průměr pístnice 70 mm vyhovuje předepsanému silovému zatížení $100\,000 \text{ N}$.

4.2.2 Těleso

Těleso PHM bude vyrobeno z přesné tažené trubky, uvnitř válečkové, o vnějším průměru 170 mm, vnitřním 140 mm, z materiálu ST52.3BK+S, který dle ČSN odpovídá vlastnostem oceli 11523. Válečkování je dokončovací metoda, při které nedochází k úběru materiálu, ale pouze k přetváření povrchové vrstvy. V porovnání s honováním, není dosaženo až takové geometrické přesnosti, ale kvalita povrchu je podstatně vyšší ¹⁹. Toto je pro hydromotor pohánějící stroj v nepřetržitém provozu žádoucí. Jemnější povrch může poskytnout nižší tření a vyšší těsnicí schopnost, čímž přispívá k plynulejšímu chodu a delší životnosti těsniva. Kvůli šroubovanému provedení bude nutné na obou koncích vysoustružit závit pro montáž maticových přírub. Výchozím polotovarem pro soustružení přírub budou výpalky mezikruží z materiálu 11523 s přídavkem na obrábění. Po obvodu budou vyřezány průchozí závity pro přišroubování zadního víka a hlavy PHM.

Parametry materiálu pístu ¹⁹:

Mez pevnosti: $R_m = \text{min. } 590 \text{ MPa}$

Mez kluzu: $R_e = \text{min. } 450 \text{ MPa}$

Tolerance vnitřního průměru H8

Drsnost vnitřního průměru $R_a = 0,2$

4.2.2.1 Kontrola tělesa PHM ⁸

Těleso PHM je vlastně silnostěnná tlaková nádoba, jež je namáhána tlakem, tudíž je nutno ověřit zvolenou sílu stěny kontrolním výpočtem. Pokud je poměr vnějšího průměru tělesa D_t k vnitřnímu průměru d_t : $\frac{D_t}{d_t} > 1,18$, provede se kontrola následovně.

$$\frac{D_t}{d_t} = \frac{170 \text{ mm}}{140 \text{ mm}} = 1,21 > 1,18 \quad (4.4)$$

$$T_s = \frac{D_t}{2} \left(\sqrt{\frac{\sigma_d + p_z(1 - 2\mu)}{\sigma_d - p_z(1 + \mu)}} - 1 \right) \quad (4.5)$$

$$T_s = \frac{0,17m}{2} \left(\sqrt{\frac{590 \text{ MPa} + 11 \text{ MPa} \cdot (1 - 2 \cdot 0,3)}{590 \text{ MPa} - 11 \text{ MPa} \cdot (1 + 0,3)}} - 1 \right) = 9,92 \text{ mm}$$

T_s – tloušťka stěny tělesa [mm]

D_t – vnější průměr tělesa [mm]

d_t – vnitřní průměr tělesa [mm]

σ_d – dovolené napětí dle materiálu, pro 11 523 je 590 MPa

p_z – zkušební přetlak PHM, $p_z = 1,25 \cdot p_{max} = 1,25 \cdot 8,8 \text{ MPa} = 11 \text{ MPa}$

μ – Poissonův součinitel, pro ocel $\mu = 0,3$ [-]

Jelikož je těleso z trubky 170/140, tloušťka jeho stěny je 15 mm. Vypočtená tloušťka vyšla 9,92 mm, z toho vyplývá, že zvolená trubka je pro výrobu tělesa PHM vyhovující.

4.2.3 Píst

Pro výrobu pístu použiji válcovanou tyč Ø 150 mm z materiálu 11523. V pístu bude vysoustružen závit pro našroubování na pístnici a zápich na O-kroužek, jenž zajistí těsnost spoje. K zajištění proti povolení poslouží stavěcí šroub zavrtaný v mezeře mezi závity pístu a pístnice. Do pístu se vyhloubí na vnějším obvodu dvě drážky pro vodící pásky a jedna pro pístní těsnění.

4.2.4 Hlava a zadní víko

Hlava i víko budou vyrobeny z válcovaných kruhových tyčí z materiálu 11523. Dalšími společnými znaky jsou otvory po obvodu pro šrouby k uchycení k přírubě na tělese, drážka na O-kroužek pro zatěsnění dělicí roviny u tělesa, závity pro přípojovací šroubení. Víko bude opatřeno závitěm pro snímač polohy a závity pro montáž krytu snímače. Do hlavy se vysoustruží dvě drážky pro vodící pásky, dvě drážky pro těsnění pístnice a drážka pro stírací kroužek.

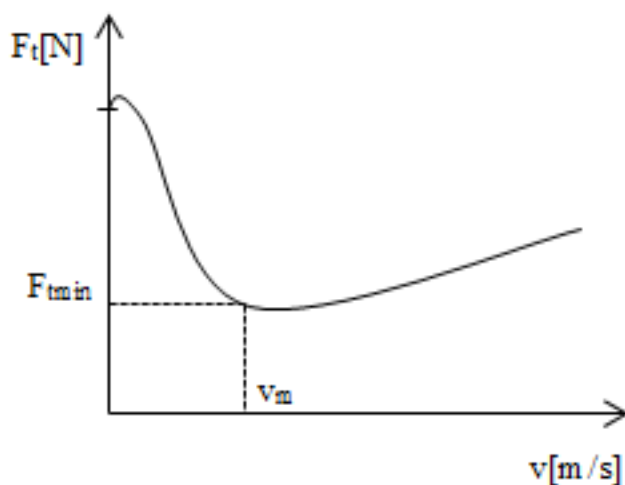
4.2.5 Těsnivo

Velice zásadním aspektem u hydromotorů obráběcích strojů je vhodně provedený návrh těsniva. V tomto konkrétním případě jsou nejdůležitějšími kritérii zajištění co nejplynulejšího pohybu nástroje během obrábění a zamezení vniknutí ocelových třísek z obrábění do PHM a tím i do systému. Původní píst byl těsněn kovovými pístními kroužky. Tento druh těsniva se již v současnosti nepoužívá a z důvodu zajištění vyšší životnosti budou nahrazeny teflonovým těsnivem. Specifikaci těsniva jednotlivých dílů a jeho vlastnosti pro přehlednost uvádím do tabulky 4.1. Jako dodavatele těsniva jsem vybral firmu Hennlich.


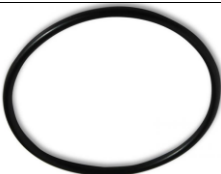

4.2.5.1 Jev *stick-slip*⁸






Vlivem třecích odporů může zejména při nízkých rychlostech posuvu přímočarého hydromotoru docházet k trhavému pohybu. Tento jev se nazývá *stick-slip* a nastává v oblasti, kdy rychlost pohybu klesne pod mezní rychlost $v < v_m$. Závislost třecí síly F_t na

rychlosti v charakterizuje Stribeckova křivka (Obr. 4.5). Z tohoto důvodu navrhuji pro utěsnění pohyblivých částí, kvůli nízkému koeficientu tření, těsnivo z PTFE (polytetrafluorethylen).



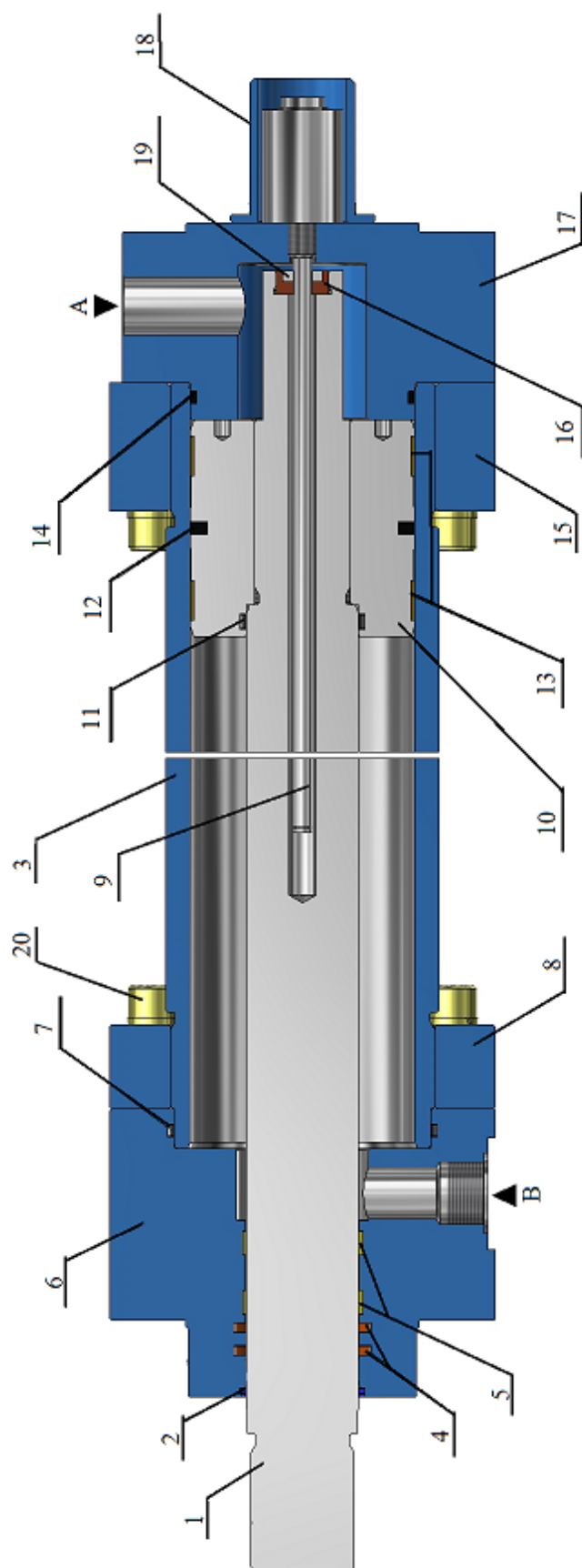
Obr.4.3 – Stribeckova křivka

Název dílu	Pozice	Těsnivo	Náhled	Popis
Píst	13	Vodící pásek F87		Kombinací PTFE a bronzu je u tohoto pásku zaručen nízký koeficient tření (viz pístové těsnění)
	11	O-kroužek		O-kroužek v drážce plní funkci statického těsnění, pro tuto aplikaci je vhodný z pryže NBR 70 Sh.
	12	Pístové těsnění K54		Dvojčinné těsnění, kde NBR O-kroužek zajišťuje statické utěsnění a PTFE kroužek utěsňuje dynamickou složku, tedy stěnu tělesa. Toto teflonové těsnivo má velmi nízký koeficient tření a tím zamezuje trhavému pohybu i při nízkých rychlostech (stick-slip efekt), což je u obráběcího stroje důležité.

Název dílu	Pozice	Těsnivo	Náhled	Popis
Hlava	5	Vodící pásek F87		Viz píst
	7	O-kroužek s opěrným kroužkem		O-kroužek volím vzhledem k nízkému tlaku z pryže NBR o tvrdosti 70 Sh. Pro ochranu O-kroužku před vmáčknutím do spáry a nečistotami bude použit dělený PTFE opěrný kroužek.
	4	Pístnicové těsnění S16		Kombinované těsnivo, kde NBR O-kroužek zajišťuje statické utěsnění a PTFE kroužek utěšňuje dynamickou složku, tedy pístnici. Pro lepší výsledky je vhodné použít dvě za sebou. (Dále viz píst)
Hlava	2	Stírací kroužek A846		Dvojitý polyuretanový stírací kroužek zabraňuje průsakům a vniknutí nečistot. Díky svému tvaru, podobnému těsnící manžetě, má lepší účinek oproti klasickému provedení. Přidaný vnější břit efektivněji stírá ocelové třísky z pístnice a zamezí i vstupu obráběcí kapaliny, čímž ochrání vnitřní části PHM před korozí
Zadní víko	14	O-kroužek s opěrným kroužkem		Viz hlava

Tab. 4.1 – Specifikace těsniva přímočarého hydromotoru ²¹

Na základě vypočtených a změřených hodnot a údajů z návodu k použití jsem navrhl pro protahovací stroj RWI 10 přímočarý hydromotor s rozměry 140/70x1350. Parametry jsem zkontroloval výpočty a vyspecifikoval těsnivo s ohledem na provozní podmínky.



Obr. 4.4 - PHM 140/70 x 1350

1 - Pístnice, 2 - Stírací kroužek, 3 - Těleso, 4 - Pístnicové těsnění, 5 - Vodicí pásy, 6 - Hlava, 7 - O-Kroužek, 8 - Maticová příruba přední, 9 - Snímač polohy, 10 - Píst, 11 - O-Kroužek, 12 - Pístové těsnění, 13 - Vodicí pásy, 14 - O-Kroužek, 15 - Maticová příruba zadní, 16 - Kryt magnetu, 17 - Zadní víko, 18 - Kryt snímače polohy, 19 - Magnet, 20 - Šrouby s podložkou, A - Přívod na plnou plochu, B -

Přívod na mezikruží.

5. HYDRAULICKÝ OBVOD PROTAHOVACÍHO STROJE

5.1 POPIS HYDRAULICKÉHO OBVODU

V následujícím textu se odkazují na pozice hydraulických prvků uvedených na funkčním hydraulickém schématu (číslo výkresu KAS0102-SN1HYP01K-1), které je v příloze B.

Nová hydraulická nádrž *2-N* bude, stejně jako původní, umístěná v rámu protahovacího stroje. Ve spodní části budou přivařeny kotevní patky pro přišroubování ke konstrukci. Do víka nádrže budou zhotoveny otvory pro montáž hydraulických prvků. K víku bude přišroubován hydraulický pohon *1-HP* skládající se z elektromotoru, nosiče hydrogenerátoru, hřídelové spojky a duálního hydrogenerátoru. Sání *S* hydrogenerátoru z nádrže bude flexibilně řešeno prostupem přes víko. Výtlaky P_1 , P_2 z hydrogenerátorů budou propojeny hadicemi se základovým blokem *18-ZB*, který bude přišroubován k víku nádrže. Na bloku budou následující ventily: sestava tlakového ventilu s odlehčením *3-OV*, zpětný ventil *4-ZV*, čtyři měřicí body *5-MP1*, *MP2*, *MA*, *MB*, hlavní šoupátkový nepřímo řízený rozváděč *6-R*, výšková sestava tvořená z odlehčovacího rozváděče *7-R*, pojistného ventilu *8-PV* a zpětného ventilu *9-ZV*. Na odpadní větev T_2 bude napojen filtr *10-F*, jehož výstup bude přes prostup T_f ve víku sveden do nádrže. Filtr bude přišroubován k rámu stroje. Další prostupy na víku budou sloužit pro umístění vzduchového filtru *11-VF* a sdruženého hladinového a teplotního snímače *12-HT*. Na stěně nádrže budou zhotoveny dva závitové otvory pro montáž optického stavoznaku *17-SZ*.

Výstupy *A* a *B* z hydraulického bloku *18-ZB* budou propojeny hadicemi se vstupy na přímočarém hydromotoru *14-PHM*, který bude upevněn na konstrukci stroje. Do pístnice PHM bude vložen lineární snímač polohy *13-PS*. Pohyb zasouvání a vysouvání PHM bude v krajních polohách hlídán dvěma koncovými spínači s kladičkou *15-KC*. Aby nedošlo k přimáčknutí končetiny obsluhy pojezdovými saněmi ke stěně konstrukce, bude do manipulačního prostoru aplikována světelná závora *16-SZ*.

5.2 SPECIFIKACE HYDRAULICKÝCH PRVKŮ

Při specifikování hydraulických prvků pro hydraulický obvod protahovacího stroje jsem vycházel z původních parametrů jednotlivých částí a z hodnot vypočtených při navrhování pohonu.

Operace protahování, čili lineární posuv PHM, není z hlediska řízení hydraulického systému příliš náročná. Řízení rychlostního rozsahu pohybu jsem vyřešil návrhem pohonu s frekvenčním měničem. Nyní je třeba specifikovat prvky pro regulaci tlaku a řízení směru průtoku. K správné volbě řídicích prvků je hlavním kritériem, v tomto případě, jejich jmenovitá světlost s ohledem na průtočné množství kapaliny, které bude do systému dodáváno dvojicí hydrogenerátorů. Tyto hodnoty jsem již vypočítal v kapitole 3.3.1. Hydrogenerátor s geometrickým objemem $113,4 \text{ cm}^3$ bude při maximálních otáčkách samostatně dodávat do systému množství $289 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Největší průtok pouze při chodu hydrogenerátoru s geometrickým objemem $22,5 \text{ cm}^3$ pak bude $51,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Maximální průtok obou HG současně bude $381,25 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Při výběru komponentů pro hydraulický obvod jsem čerpal především z katalogů firmy PARKER, jelikož už bude dodávat celý pohon a jeví se mi jako výhodné minimalizovat počet dodavatelů. Specifikace a katalogové listy použitých hydraulických prvků jsou obsaženy v příloze.

5.2.1 Hydraulická nádrž, poz. 2

Hydraulickou nádrž jsem zvolil na základě parametrů původní nádrže, abych dodržel celkovou požadovanou zástavbu stroje. Naměřené vnější rozměry jsou délka 1460 mm, šířka 540 mm, výška 250 mm, tloušťka stěny 4 mm. Součástí nádrže je víko upravené pro montáž hydraulických prvků a s prostupy pro potrubí. Víko i nádrž budou vyrobeny z oceli, mat. 11 523 a opatřeny oleji odolným epoxidovým nátěrem.

5.2.2 Hydraulický blok, poz. 18

Hydraulické prvky budou namontovány na základový 4-sekční blok, který bude přišroubován na víko nádrže. Vzhledem k rozdílné světlosti řídicích prvků není možné použít sériově dodávaný díl, proto se bude blok vyrábět na zakázku. Jako výchozí polotovár navrhuji ocelový výkovek mat. 11 523. Opracování bloku bude provedeno tak, aby jej bylo možno použít pro montáž dvou ventilů světlosti NG 25 a jedné sestavy NG 10, včetně vrtání jejich přívodních tlakových a odpadních kanálů a závitových děr pro šrouby, jimiž budou prvky přichyceny. Do bloku budou také zhotoveny závitové otvory pro hydraulické přípoje k propojení s externími komponenty. Povrchová ochrana bloku bude provedena metodou černění.

5.2.3 Odlehčovací ventily hydrogenerátorů, poz. 3, 7, 8

Během pracovního cyklu protahování dochází k technologickým přestávkám, při kterých není vyžadován vstup tlakové kapaliny v obvodu. Rovněž, v závislosti na zvolené rychlosti pohybu, není zapotřebí, aby vždy dodávaly oba hydrogenerátory potřebný průtok současně (viz Tab 3.1 a 3.2). Proto pro přepouštění kapaliny z výtlačné větve do odpadní použiji kombinaci pojistného ventilu s rozváděčem jako odlehčovacím ventilem. Při jejichž sepnutí bude aktivní buď jeden či druhý hydrogenerátor, popřípadě oba současně nebo, během výměny obrobku a vytahování nástroje, bude bez přívodu napětí na cívky elektromagnetů ventilů celý systém odlehčen.

Pro řízení hydrogenerátoru s $V_{g1} = 113,4 \text{ cm}^3$ volím tlakový ventil s odlehčením světlosti NG 25 typ RV406, tlakové třídy 10,5 MPa pro maximální průtok $500 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ (Obr 5.1). Tato sestava se dodává již zkompleťována.

K odlehčení hydrogenerátoru s $V_{g2} = 22,5 \text{ cm}^3$ použiji sestavu s 2-polohovým, 4-cestným šoupátkovým rozváděčem světlosti NG 10 typ D3W pro průtok $150 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ (Obr. 5.2 A) a mezideskový pojistný ventil s pojištěním z tlakové větve p do odpadní T , NG 10, typ ZDV-P02, tlakové třídy 35 MPa s jmenovitým průtokem $80 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ (Obr. 5.2 B). Oba ventily budou nastaveny, stejně jako původní, na tlak 8,8 MPa.



Obr. 5.1 – Tlakový ventil s odlehčením
R4V06-5311009G0QA5, PARKER⁵



A)



B)

Obr. 5.2 – A) Rozváděč D3W002KNJW42, B)
Pojistný ventil ZDV-P02-5-S0-D1, PARKER⁵

5.2.4 Zpětné ventily, poz. 4, 9

Jelikož jsem pro pohon navrhl duální hydrogenerátor, je nezbytné oddělit jejich tlakové větve zpětnými ventily, abych zajistil ochranu obou HG před vzájemným přetlačováním tlakové kapaliny.

Do výtlačku prvního hydrogenerátoru vložím potrubní zpětný ventil světlosti DN 24 s označením RHD30S s pružinou pro otevírací tlak 0,05 MPa. Standardně je v těchto ventilech pružina, pro jejíž stlačení je potřeba tlak 0,1 MPa. Slabší provedení volím za účelem co nejmenšího tlakového spádu na ventilu (Obr. 5.3).



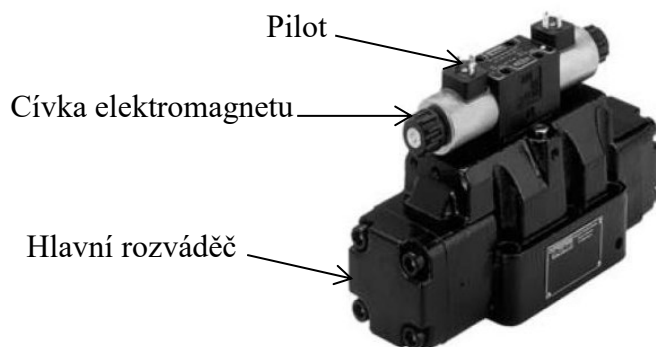
*Obr. 5.3 – Potrubní zpětný ventil
RHD30S0.5BCF, PARKER⁵*



*Obr. 5.4 – Mezideskový zpětný ventil
CM3AAV, PARKER⁵*

5.2.5 Hlavní rozváděč, poz. 6

Řízením směru přívodu průtoku do přímočarého hydromotoru určujeme, zdali se bude vysouvat či zasouvat. K tomu slouží hydraulický rozváděč. Pro tento obvod volím nepřímo řízený, 3-polohový 4-cestný rozváděč, světlosti NG 25, typu D81VW (Obr. 5.5). Bez napětí je šoupátko pružinami drženo ve středové poloze s uzavřenými cestami. Maximální průtok, který může rozváděčem protékat, je 700 dm³.min⁻¹. Rozváděče této světlosti se vyrábějí dvoustupňové, kde ovládací napětí 24 VDC je přiváděno na cívky elektromagnetu pilotního rozváděče světlosti NG 6, čímž dojde k přestavení jeho šoupátka. V závislosti na jeho poloze pak protékající kapalina hydraulicky přestaví šoupátko hlavního rozváděče do jedné z poloh pro výsledný průtok na mezikruží nebo plnou plochu PHM.



Obr. 5.5 – Nepřímo řízený rozváděč D81VW001C4NJW, PARKER⁵

5.2.6 Filtrace, poz. 10, 11

S ohledem na použité hydraulické prvky se doporučuje třída čistoty oleje 7 dle normy NAS 1638⁹. Pro zajištění této kvality hydraulického oleje v systému navrhují do odpadní větve odlehčovací sestavy hydrogenerátoru s V_{g2} vložit filtr. K umístění filtru do této lokality jsem se rozhodl na základě dobrého přístupu k filtru pro případ výměny filtrační vložky a také z důvodu nejnižšího průtoku z celého obvodu, díky čemuž mohu vybrat prostorově méně náročný model. Pokud bych volil filtr do jiných odpadních větví s podstatně vyšším průtokem, rozměrově by bylo komplikované jej do omezeného prostoru pohonu namontovat. Určil jsem středotlaký filtr série 40 CN s filtrační vložkou ze skelného vlákna a filtrovatelností 10 μm (Obr. 5.6). Jehož celková zástavbová výška je 485 mm (filtr z vyšší průtokové série je o 200 mm delší). Připojovací závit na vstupu je G1¼“ a na výstupu G1½“. Filtr je opatřen pro případ zanesení vložky obtokem a elektrickým i optickým indikátorem znečištění. Maximální dovolený průtok je 280 $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ a maximální tlak 7 MPa, což je pro tuto větev vyhovující.

Aby mohla hydraulická nádrž takzvaně dýchat a zamezilo se vniknutí prachových částic při nasávání vzduchu z okolního prostředí, instaluje se na víko vzduchový filtr. Pro tuto aplikaci volím velice často využívanou kombinaci vzduchového filtru 10 μm a nalévacího hrdla s vloženým sítkem (Obr. 5.7).



Obr. 5.6 – Středotlaký filtr
40CN210QEVT1KG244, PARKER⁵



Obr. 5.7 – Vzduchový filtr AB116310,
PARKER⁵

5.2.7 Snímání hladiny a teploty poz. 12, 17

U hydraulického systému je velice důležité hlídání minimální a maximální výšky hladiny oleje v nádrži a také teploty pracovního média. Výšku minimální hladiny definuje

vzdálenost sání HG ode dna nádrže, maximální pak samozřejmě horní okraj nádrže. V případě, že by sání HG nebylo dostatečně ponořeno v kapalině, mohlo by dojít k nasátí vzduchu, což by vedlo k poškození hydrogenerátoru. Co se týče provozní teploty hydraulického oleje, doporučuje se teplotní rozmezí 40 – 50 °C¹³. Každým dalším zvýšením teploty o 10 °C dochází k nárůstu oxidace a tím k rychlejšímu stárnutí oleje. Při vyšších teplotách klesá viskozita, čímž se snižuje mazací schopnost a klesá i výkon. Naopak nízká teplota oleje zvyšuje jeho viskozitu a hrozí nebezpečí kavitace, narůstají tlakové ztráty na prvcích¹⁰. Pro sledování výše uvedených optimálních hodnot olejové náplně bude na nádrži namontován optický hladinový stavoznak s teploměrem typu FL (Obr.5.8). Délka zvoleného stavoznaku je 76 mm a rozsah teploměru je 30 ÷ 90 °C. V závislosti na napojení na elektro-řízení navrhuji rovněž elektrický kombinovaný snímač hladiny a teploty s digitálním displejem, jenž v případě překročení nastavených limitních hodnot podá signál, který řídicí software vyhodnotí a výstrahou upozorní obsluhu, nebo u havarijních stavů zastaví a zablokuje stroj do odstranění závady. Půjde opět o výrobek firmy PARKER, typ SCLTSD, s hladinovým rozsahem 40 - 210 mm a teplotním rozsahem -20 až +85 °C (Obr. 5.9). Snímač se šroubuje do návarku se závitem G 3/4“ na víku nádrže. S ohledem na relativně nízkou nádrž 250 mm navrhuji jako výstražnou minimální hladinu 125 mm a jako havarijní 90 mm. Maximální výstražná pak bude 200 mm. Pro teplotu stanovím výstrahu na 55 °C, blokaci na 60°C.



*Obr. 5.8 – Optický stavoznak s teploměrem
FL69121, PARKER⁵*



*Obr. 5.9 – Sdružený elektrický snímač
hladiny a teploty SCLTSD-250-00-07,
PARKER⁵*

5.2.8 Měření tlaku, poz. 5

Pro diagnostiku hydraulického obvodu je nezbytná možnost měření tlaku jak na výtlačích hydrogenerátorů P_1 a P_2 , tak i ve funkcích A a B na výstupu hlavního rozváděče. Proto do těchto větví navrhuji měřicí body, tzv. „minimes“ přípoje. Firma PARKER je dodává pod označením EMA3 (Obr. 5.10).

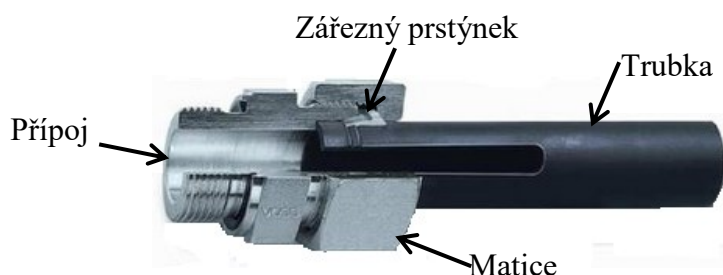


Obr. 5.10 – Měřicí bod EMA31/4ED, PARKER⁵

5.2.9 Hydraulické vedení

Vzhledem ke krátkým vzdálenostem mezi prvky, které je třeba propojit, bude většina rozvodů provedena v hydraulických hadicích. Budou použity pryžové hadice s ocelovou výplní (tzv. opletem) a ocelovými koncovkami. Světlosti hadic budou stejné jako světlosti hydraulických prvků, na které se připojuje. S přihlédnutím k maximálnímu tlaku 8,8 MPa budou dostačující hadice s jedním opletem. Připojovací body prvků budou osazeny hydraulickým šroubením téže světlosti.

Pro svody odpadních větví z řídicích prvků do nádrže budou použity ocelové hydraulické bezešvé trubky, válcované za studena se zinkochromátovou povrchovou úpravou. Jejich světlosti budou opět odpovídat rozměrům výstupů příslušných prvků. Napojení trubek na přípoje bude řešeno převlečnou maticí se zářezným prstýnkem (Obr 5.11). Světlosti hadic i trubek jsou vyznačeny funkčním schématu v příloze.



Obr. 5.11 – Řez spojem se zářezným prstýnkem, PARKER⁵


5.3 PRACOVNÍ MÉDIUM

Pracovní kapalinou bude, stejně jako v původním stroji, hydraulický olej HLP 46. Tento druh oleje je aditivován detergentně disperzními přísadami a má pro hydraulický systém protahovacího stroje řadu vhodných vlastností²⁰.

- Vhodný do prostředí s rizikem kontaminace mechanickými nečistotami či obráběcí kapalinou, velmi dobrá filtrovatelnost
- Pro hydrogenerátory se zvýšenými požadavky na protiotěrový účinek (lamelové HG)
- Odolnost proti oxidaci, prodloužená životnost
- Výborné protikorozní vlastnosti, nízká pěnivost

6. BEZPEČNOST


Při práci na protahovacím stroji obsluha vkládá obrobek do upínací hlavy a nástroj do saní ručně. Z tohoto důvodu není možné manipulační prostor zcela zajistit. Během protahování je zde riziko vtažení či zachycení části pracovního oděvu či vlasů a vzniku vážného pracovního úrazu. Proto je nutné, aby vypínač nouzového zastavení byl umístěn co nejbližší pracovnímu prostoru. V případě jeho aktivace musí dojít k okamžitému zastavení stroje. Při analýze stroje bylo zjištěno kritické místo u upínací hlavy pro obrobek, kde by mohlo dojít k přimáčknutí končetiny saněmi ke stěně stroje. Na základě této skutečnosti budou do inkriminované části stroje naproti sobě umístěny dvě světelné závory, které, v případě přerušení paprsku vsunutím ruky během chodu zařízení, zajistí okamžité zastavení procesu. Jedna z dvojice slouží jako vysílač a druhá jako přijímač. Pro vyřešení této problematiky volím světelnou závoru od výrobce REER s těmito parametry (Obr. 6.1).

	Světelná závara EOS4 151 X, REER <ul style="list-style-type: none">- Délka ochranného pole 160 mm- Rozlišení předmětu od 14 mm- Napájecí napětí 24VDC- Výstup 2PNP-400 mA
---	---

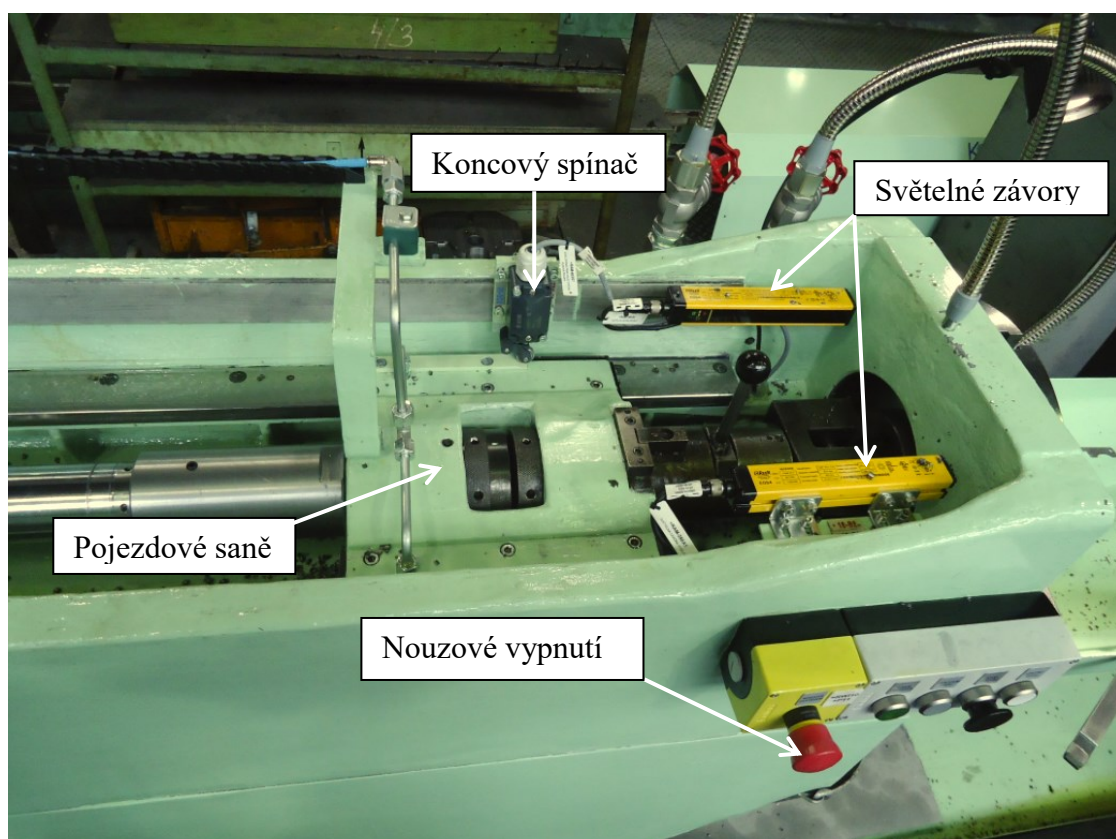
Obr. 6.1– Světelná závara ²³

Kvůli vyšší bezpečnosti ponechám původní řešení omezení zdvihu PHM pomocí dvou kladičkových koncových spínačů. Možnost polohování v celém rozsahu pracovní oblasti PHM sice zůstane, ale prakticky se s nimi již manipulovat nebude. Provede se pouze prvotní nastavení do krajních poloh, tak, aby v případě selhání nebo chybného nastavení lineárního snímače polohy, který jejich dřívější funkci nyní nahrazuje, nedošlo k naražení pojezdových saní do konstrukce stroje. Najetím saní na kladičku dojde k vypnutí zařízení a tudíž k zastavení pohybu PHM. Jako vhodnou volbou se jeví koncový snímač firmy PIZZATO (Obr. 6.2).

Umístění výše uvedených bezpečnostních prvků v kritické oblasti protahovacího stroje je znázorněno na Obr. 6.3.

	<p><u>Koncový spínač s kladičkou FD502-M2R24, PIZZATO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Maximální dovolená rychlost 30 m/min - Napájecí napětí 24VDC
---	--

Obr. 6.2 – Koncový spínač s kladičkou ²⁴



Obr. 6.3 – Umístění bezpečnostních prvků

7. ZADÁNÍ PRO ELEKTRO-ŘÍZENÍ

Pro optimální využití všech funkcí, které poskytují moderní hydraulické prvky, z nichž se skládá inovovaný hydraulický a bezpečnostní systém protahovacího stroje RWI 10, je třeba správně formulovat zadání pro jejich elektro-řízení. Úkolem programátora je pak na základě tohoto požadavku napsat řídicí program, díky kterému bude zajištěn správný pracovní cyklus zařízení.

Označení hydraulických prvků na funkčním schématu KAS0102-SN1HYP01K-1 je pro elektro-řízení v zaoblených rámečcích. Napájecí napětí hlavního pohonu je 3 x 400 V/50 Hz. Ovládací napětí hydraulických prvků je pak 24 VDC, připojení bude zajištěno konektory se světelnou signalizací.

Spouštění nastavování a ovládání systému bude prováděno pomocí hlavního ovládacího panelu, na jehož displeji se budou zobrazovat aktuální hodnoty stavitelných parametrů, jako jsou rychlost protahování a zpětného pohybu, startovací a konečná poloha PHM, otáčky elektromotoru. Na displeji by se měla rovněž objevovat kontrolní hlášení o stavu zařízení, výskytu poruch či blokad (hladina a teplota oleje v nádrži, zanesení filtru).

Aktivace samotného protahovacího nebo vratného pohybu PHM by pak byla prováděna dvěma tlačítky na vedlejším ovládacím panelu, který by byl umístěn u manipulačního prostoru obsluhy. Součástí tohoto panelu by bylo i tlačítko nouzového zastavení jak jsem již zmínil v předchozí kapitole.

7.1 ŘÍZENÍ NA ZÁKLADĚ PARAMETRŮ PRACOVÍ KAPALINY

Teplota, množství a čistota olejové náplně jsou klíčové pro bezporuchové provozování hydraulického systému. Nedodržování těchto parametrů může být příčinou fatálních poruch stroje. Z toho důvodu vede elektro-řízení, při překročení limitních hodnot, k úplné blokadě zařízení. Kontakty snímačů budou nastaveny jako rozpínací pro případ porušení kabeláže.

7.1.1 Spuštění a výchozí stav

Po zapnutí hlavního ovládacího panelu ověří řídicí software následující stavy:

- není-li dosaženo havarijní teploty oleje v nádrži, signál $I2-T1=1$.
- není-li dosaženo havarijní hladiny oleje v nádrži, signál $I2-rH2=1$.

Pokud jsou podmínky splněny lze nyní spustit elektromotor *I-MI*, na displeji ovládacího panelu se objeví informace *MI START*. Hydraulický agregát je ve výchozím stavu

7.1.2 Teplota a hladina oleje v nádrži:

Na víku hydraulické nádrže je umístěn sdružený teplotní a hladinový spínač se dvěma kontakty pro teplotu *I2-T1*, *I2-T2* a dvěma pro hladinu *I2-H1*, *I2-H2*. Aktuální hodnota teploty i hladiny oleje je zobrazena jak na displeji snímače, tak i na ovládacím panelu.

Při pracovním cyklu mohou pro teplotu nastat následující stavy:

- teplota oleje dosáhne 55 °C, rozepte se kontakt *I2-T2=0* a na ovládacím panelu se zobrazí výstraha, rozsvítí se kontrolka.
- teplota oleje překročí 60 °C, rozepte se kontakt *I2-T1=0*, dojde k blokaci chodu stroje, zastavení motoru *I-MI* a všechny cívky elektromagnetů ventilů budou bez napětí.
- teplota oleje klesne pod 60 °C, *I2-T1=1*, zruší se blokace, zařízení je možno požívat s výstrahou.
- teplota oleje klesne pod 55 °C, *I2-T2=1*, zruší se výstraha a zhasne kontrolka.

Minimální dovolená startovací teplota oleje HLP 46 je 10 °C. Jelikož je zařízení provozováno ve vytápěné hale, kde ani v zimních měsících teplota okolí neklesá pod 10 °C, nepovažuji za nutné hlídat minimální teplotu oleje.

Pro hladinu platí:

- výška hladiny je nad 200 mm, rozepte se kontakt *I2-H1=0* a na ovládacím panelu se zobrazí výstraha, rozsvítí se kontrolka.
- výška hladiny je v mezích 200 - 125 mm, sepne se kontakt *I2-H1=1*, zruší se výstraha a zhasne kontrolka.
- výška hladiny klesne pod 125 mm, rozepte se kontakt *I2-H2=0* a na ovládacím panelu se zobrazí výstraha, rozsvítí se kontrolka.
- výška hladiny klesne pod 90 mm, rozepte se kontakt *I2-rH2=0* dojde k blokaci chodu stroje, zastavení motoru *I-MI* a všechny cívky elektromagnetů ventilů budou bez napětí.
- výška hladiny stoupne nad 90 mm a je současně pod 125 mm, sepne se kontakt *I2-rH2=1*, zařízení se odblokuje, ale zůstává aktivní výstraha.

7.1.3 Filtrace oleje:

Hydraulický obvod je vybaven filtrem s elektrickým indikátorem znečištění $10-SP$. Jde vlastně o tlakový spínač. Je-li vložka zanesena, začne olej proudit cestou menšího odporu přes obtok filtru, ve kterém je jednosměrný ventil, při jehož překonání, stlačením pružiny, vykoná kapalina tlakový spád. Ten následně vytvoří signál na spínači.

Spínač musí být zapojen za normálních podmínek jako sepnutý $10-SP=1$ z důvodu přerušení kabelu. Dojde-li během chodu agregátu k indikaci zanesení odpadního filtru, $10-SP=0$ objeví se výstraha na hlavním ovládacím panelu. Bude potřeba výměny filtrační vložky nebo revize přívodního kabelu indikátoru. Po odstranění závady se spínač opět sepne a výstraha zmizí.

7.2 OVLÁDÁNÍ POHONU A ŘÍDÍCÍCH HYDRAULICKÝCH PRVKŮ

Pokud jsou splněny počáteční podmínky pro spuštění zařízení, dalším stupněm je řízení samotného pracovního cyklu stroje.

7.2.1 Ovládání odlehčení hydrogenerátorů

Odlehčení a aktivace lamelového hydrogenerátoru s $V_{g1} = 113,4 \text{ cm}^3$ jsou realizovány přiváděním nebo odstavením napětí 24 VDC na cívku $3-YVIA$ ventilu $3-R$. Aby nedocházelo ke zbytečnému maření tlakové energie přeměnou na teplo a tím k přehřívání systému, musí být solenoid $3-YVIA=0$ bez napětí v případě, že motor $1-M1$ je v provozu a není aktivován solenoid $6-YVIA$ ani $6-YVIB$ pro ovládání PHM.

Pro odlehčení a aktivaci lamelového hydrogenerátoru s $V_{g2} = 22,5 \text{ cm}^3$ platí totéž, co pro první hydrogenerátor. Jen jsou řízeny cívkou $7-YVIA$ rozváděče $7-R$.

V případě, že mají být odlehčeny oba HG, bude platit $3-YVIA = 0$ a $7-YVIA = 0$.

V případě že mají být oba HG aktivní, bude platit $3-YVIA = 1$ a $7-YVIA = 1$.

7.2.2 Ovládání přímočarého hydromotoru

Řízení směru pohybu PHM je definováno přívodem či odstavením napětí 24 VDC na cívky $6-YVIA$ a $6-YVIB$ nepřímě řízeného rozváděče $6-R$. Aby však došlo k vlastnímu pohybu, musí být současně s cívkou rozváděče $6-R$ aktivní alespoň jedna z cívek $3-YVIA$ nebo $7-YVIA$, které zajistí přestavení šoupátka odlehčovacího ventilu $3-R$ nebo $7-R$ a umožní vstup kapaliny do rozváděče $6-R$.

Pro zasouvání pístnice PHM, neboli pro protahování bude $6-YVIA=1$ a $6-YVIB=0$.

Pro vysouvání pístnice PHM, neboli pro zpětný chod bude $6-YVIB=1$ a $6-YVIA=0$.

Pro zastavení PHM budou všechny cívky bez napětí $6-YVIA=0$ a $6-YVIB=0$,
 $3-YVIA=0$, $7-YVIA=0$.

Počáteční i koncovou polohu PHM je možno zadat v *mm* na hlavním ovládacím panelu a tím zvolit zdvihové rozmezí. Průběžné i koncové pozice PHM jsou spojitě snímány lineárním snímačem polohy *I3-PSI* a zobrazují se na ovládacím panelu. Dosáhne-li PHM během pohybu některé z určených mezních poloh, dojde k odstavení napětí na cívkách *6-YVIA*, *6-YVIB*, *3-YVIA* a *7-YVIA* a PHM se zastaví.

Limitní dojezdové polohy jsou z bezpečnostních důvodů hlídány ještě koncovými spínači *I5-KC1* a *I5-KC2*, umístěnými na krajích pracovního prostoru. Při najetí pojezdových saní na kladičku se spínač sepne, přeruší se napětí na cívkách *6-YVIA*, *6-YVIB*, *3-YVIA* a *7-YVIA* a PHM se zastaví.

Rychlost pohybu PHM určují otáčky elektromotoru *I-MI* hydraulického pohonu *I-HP* a stav odlehčovacích ventilů a hydrogenerátorů s cívkami *3-YVIA* a *7-YVIA*. Velikost otáček motoru *I-MI* lze průběžně měnit nastavováním frekvence na frekvenčním měniči *I-FI*. Podle variability těchto otáček bude duálním hydrogenerátorem do obvodu dodáván adekvátní průtok. Ovládání cívek *3-YVIA* a *7-YVIA* pak definuje, zdali jsou aktivní oba hydrogenerátory či pouze jeden nebo žádný. Toto přímo ovlivní přiváděné množství kapaliny do PHM a tím rychlost posuvu pístnice nebo její zastavení v součinnosti s řízením cívek *6-YVIA* a *6-YVIB*. Aktivaci hydrogenerátorů pro požadované rychlosti jsem již řešil v kapitole 3.3.1 při navrhování pohonu. Zde uvádím tabulku doplněnou o spínání cívek řídicích hydraulických prvků (Tab. 7.1).

7.3 FUNKCE SVĚTELNÉ ZÁVORY

Kvůli riziku přimáčknutí budou do manipulačního prostoru u kraje pracovní oblasti nainstalovány světelné závory *I6-SZ*. Jedna plní funkci vysílače s 5-pinovým konektorem M12 a druhá přijímače, s 8-pinovým konektorem M12. Dojde-li k přerušení světelného paprsku mezi nimi vsunutím končetiny či jiného objektu o šířce větší než 14 mm, na všech cívkách se odstaví napětí a pohyb PHM se okamžitě zastaví. Pro opětovné spuštění pohybu bude třeba na hlavním ovládacím panelu vykvikovat havarijní hlášení.

Protahování, $v = 1 \div 10$ m/min, zasouvání PHM					
v [m/min]/PHM	3-YV1A	6-YV1A	6-YV1B	7-YV1A	n [ot./min]/1-M1
1	0	1	0	1	507
2	0	1	0	1	1013
3	0	1	0	1	1520
4	0	1	0	1	2027
5	1	1	0	0	672,81
6	1	1	0	0	807,37
7	1	1	0	0	941,93
8	1	1	0	0	1076,49
9	1	1	0	0	1211,05
10	1	1	0	0	1345,61

Zpětný chod, $v = 10 \div 25$ m/min, vysouvání PHM					
v [m/min]/PHM	3-YV1A	6-YV1A	6-YV1B	7-YV1A	n [ot./min]/1-M1
10	1	0	1	0	1345
11	1	0	1	0	1479
12	1	0	1	0	1614
13	1	0	1	0	1748
14	1	0	1	0	1748
15	1	0	1	0	2017
16	1	0	1	0	2152
17	1	0	1	0	2286
18	1	0	1	0	2421
19	1	0	1	0	2555
20	1	0	1	1	2244
21	1	0	1	1	2357
22	1	0	1	1	2469
23	1	0	1	1	2581
24	1	0	1	1	2693
25	1	0	1	1	2805

Tab. 7.1 - Aktivace cívek řídicích ventilů při protahování a zpětném chodu

8. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout nový hydraulický pohon protahovacího stroje RWI 10 namísto původního.

Abych mohl vůbec začít analyzovat protahovací stroj, musel jsem se nejdříve seznámit jednak s problematikou procesu protahování, tak i s funkcí, konstrukcí a parametry samotných protahovacích strojů. Jak jsem zjistil, pro protahování jsou nejdůležitějšími atributy potřebná řezná síla a protahovací rychlost, jejichž velikost ovlivňují materiál a rozměry obrobku a protahovací nástroj. V závislosti na této síle se určuje typ pohonu protahovacího stroje. Nejčastěji aplikovaným je hydraulický pohon, právě díky vysokým silám, které je schopen vyvinout (stovky kN).

I mnou řešený stroj byl poháněn hydraulicky. Vzhledem k jeho stáří však pohon trpěl častou poruchovostí. A proto byla nutná jeho výměna za nový moderní. Ovšem základní parametry rychlost a síla protahování musely zůstat zachovány. Dalším kritériem bylo nenavýšit novým pohonem celkové vnější rozměry stroje. Pokud jsem chtěl zadání vyhovět, bylo nutné důkladně zmapovat stávající stav. Informace jsem čerpal z původního návodu užívání stroje, od obsluhy a údržby a z měření tlaků během pracovního cyklu. Na základě těchto faktů jsem navrhl tři možné způsoby řešení nového pohonu. Obvod s regulačním axiálním pístovým hydrogenerátorem, regulační obvod s akumulátorem a frekvenčně řízený obvod. Při porovnání výhod a nevýhod těchto návrhů jsem jako nejvýhodnější shledal ten frekvenčně řízený. Tento pohon se skládá z frekvenčního měniče, elektromotoru a duálního lamelového hydrogenerátoru. Výpočty jsem zjistil parametry hydrogenerátoru a elektromotoru a na jejich základě pak provedl specifikaci z katalogu. Pro ujištění se, že jsem počítal a následně volil správně, jsem návrh ověřil programem Drive Creator od firmy PARKER. Pomocí tohoto softwaru jsem rovněž určil typ a vlastnosti frekvenčního měniče. Tento druh hydraulického pohonu od firmy PARKER má označení DPC (Drive Controlled Pump) a díky své vysoké otáčkové škále splňuje podmínky pro zadané rychlosti pohybu.

Součástí modernizace pohonu je i výměna původního přímočarého hydromotoru za nový. PHM koná na stroji hlavní protahovací a vratný pohyb. Jedná se o obráběcí stroj, kde je PHM vystaven působení řezné kapaliny a ocelových třísek. Tuto skutečnost jsem při navrhování nového, bral v potaz. Rozhodl jsem se použít speciální stírací kroužek od firmy HENNLICH pro zamezení vtáhnutí třísek pístnicí do PHM. Aby i povrch pístnice odolal poškrábání a zvýšenému riziku koroze, bude ošetřen keramickým nástřikem. Při

řešení charakteristických rozměrů, jakými jsou průměry pístu a pístnice a zdvih, jsem vycházel z parametrů původního PHM. Zásadním rozdílem však je, že nový PHM bude mít dutou pístnici, do které se vloží lineární snímač polohy, aby bylo možno výchozí a koncovou polohu programovat. Výsledkem je tedy nový hydromotor šroubovaného provedení, odolný vůči agresivnímu prostředí, se zpětnou vazbou na moderní řídicí systém, vyhovující nárokům na protahovací sílu.

Pro navržený hydraulický systém jsem vytvořil funkční schéma tak, aby byl celý obvod co nejjednodušší a v specifikoval vhodné hydraulické prvky. K jejich ovládání jsem zpracoval požadavky na elektro-řízení včetně tabulky spínání cívek. Jelikož jsou v dnešní době kladeny vyšší nároky na ochranu zdraví při práci, bylo součástí elektro-řízení i řešení bezpečnosti během obsluhování protahovacího stroje. Za tímto účelem budou do pracovního prostoru instalovány světelné závory.

Takto modernizovaný stroj ob stojí v současném trendu požadavků automobilového průmyslu na kvalitu obrábění a spolehlivost velkosériové produkce.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Dr. Ing. Lumíru Hružíkovi a konzultantovi Ing. Martinu Morávkovi za rady a připomínky při realizaci zadání.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BRYCHTA, J., ČEP R., NOVÁKOVÁ J., PETŘKOVSKÁ L. *Technologie II., 1. díl*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. 119 s, ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] ŘASA, J., GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3 – 1. díl, Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. Praha: Scientia, 2005, 2. vyd., 221 s ISBN 80-7183-336-3
- [3] BORSKÝ, V. *Obráběcí stroje, skriptum*. ES VUT. 1. vydání, Olprint Šlapanice, 1992. 216 s, ISBN 80-214-0470-1
- [4] NĚMEC, D. a kol. *Strojírenská technologie 3, Strojní obrábění*. SNTL Praha 1982. 320 s, ISBN 5429 04-207-82
- [5] <http://ph.parker.com/us/17581/en/industrial-systems-division-europe-isde>
- [6] FRIEDEL. *AMK Bedienungsanweisung, Waagerecht –Innenraummaschine RWI 10*, Vebmaschinen Fabrik John Schehr, 1961, 26 s.
- [7] <https://www.arthur-klink.de/produkte/raeummaschinen/innenraeummaschinen/>
- [8] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy, díl 1. Kapaliny v hydraulických mechanizmech. Hydrostatické převodníky*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009, 2. vyd., 156 s. ISBN 978-80-248-0857-4.
- [9] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy, díl 2. Řídicí prvky hydrostatických systémů. Příslušenství hydraulických obvodů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008, 2. vyd., 140 s. ISBN 978-80-248-1827-6.
- [10] MURRENHOFF, H. *Fundamentals of Fluid Power*. Aachen: Verlag GmbH. 2014, 387 s. ISBN 978-3-8440-2826-3.
- [11] KOPÁČEK, J., PAVLOK, B. *Tekutinové mechanismy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1994. 1. Vydání, 151 s. ISBN 80-7078-238-2
- [12] BAROŠKA, J. *Hydrostatické mechanismy*. Hydropneutech 2011, 388 s., ISBN 978-80-970
- [13] PIVOŇKA, J. *Tekutinové mechanismy*. Praha SNTL, 1987. 623 s. 1. Vydání
- [14] PROKEŠ, J., VOSTROVSKÝ, J. *Hydraulické a pneumatické mechanismy*. Praha SNTL, 1988. 1. vydání, 276s. 04-215-88
- [15] PARR, A. *Hydraulics and Pneumatics*. Elsevier Ltd., 1999. 244 s. ISBN 0080508405.
- [16] EXNER, H. et al. *Hydraulics, Basic Principles and Components*. Würzburg, Germany: Bosch Rexroth AG., 2011. 326 s. ISBN 978-3-9814879-3-0

- [17] OLAER: *Hydropneumatický vakový akumulátor. Všeobecné informace, použití*. OSP 035, 2013
- [18] <https://www.elektromotory.cz/goods/index/id/>
- [19] <http://www.hydraulics.cz>
- [20] https://eshop.paramo.cz/data/VyrobkovaDokumentace/ti_hlpd_z1.pdf
- [21] <https://www.hennlich.cz/produkty>
- [22] ŘASA, J., ŠVERCL, J. *Strojnické tabulky pro školu a praxi*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2004. ISBN 80-7183-312-6.
- [23] <http://www.reersafety.com/us/en/products/safety-light-curtains/item/48-eos4-en?codGroup=3&familyName=EOS4>
- [24] <https://www.pizzato.com/en/catalog/FD502M2.html>
- [25] <https://www.balluff.com/en/de/productfinder/product/?key=BTL06ZK#?data=>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - Slovník k Obr. 3.7 – 3.11, str. 34,35

Příloha B - FUNKČNÍ_SCHÉMA_KAS0102_SN1HYP01K_1

Příloha C - SPECIFIKACE_HYDRAULICKÝCH_PRVKŮ_KAS0102_SN1HYP01K_1

Příloha D - Duální lamelový hydrogenerátor 113,4 a 22,5 cm³, katalog PARKER HY11-3352UK-DCP_Drive-Controlled-Pump⁵

Příloha E - Třífázový asynchronní elektromotor 15 kW, katalog PARKER HY11-3352UK-DCP_Drive-Controlled-Pump⁵

Příloha F - Frekvenční měnič, katalog PARKER HY11-3352UK-DCP_Drive-Controlled-Pump⁵

Příloha G - Tlakový ventil s odlehčením NG 25, katalog PARKER HY11-3500/UK_Series R4V / R6V⁵

Příloha H - Zpětný ventil DN 24, katalog PARKER 4100-9/UK⁵

Příloha I - Měřicí bod G1/4, katalog PARKER 4100-9/UK⁵

Příloha J - Nepřímo řízený rozváděč NG 25, katalog PARKER HY11-3500/UK_Series D31DW D31NW, D*1VW⁵

Příloha K - Přímý řízený rozváděč NG 10, katalog PARKER HY11-3500/UK_Series D31DW⁵

Příloha L - Pojistný ventil NG10, P→T, katalog PARKER HY11-3500/UK_Series ZDV⁵

Příloha M - Zpětný ventil NG 10, katalog PARKER HY11-3500/UK_Series CM⁵

Příloha N - Filtr 40 CN 10 µm s elektrickým indikátorem zanesení, katalog PARKER Hydraulic Filter Division Europe FDHB500UK/15/40/80CN⁵

Příloha O - Vzduchový filtr, katalog PARKER Hydraulic Filter Division Europe FDHB500UK/Reservoir⁵

Příloha P - Sdružený snímač teploty a hladiny, l=250 mm, katalog PARKER 4083-2/UK⁵

Příloha Q - Lineární odměřování, katalog BALLUFF²⁵

Příloha R - Mechanický kladičkový koncový spínač, katalog PIZZATO²⁴

Příloha S - Světelná závora, katalog REER safety²³

Příloha T - Hladinový stavoznak s teploměrem l=76 mm, katalog PARKER⁵

PŘÍLOHY

Příloha A - Slovník k Obr. 3.7 – 3.11, str. 34,35

Acceleration – Zrychlení

Average – Průměrný

Breaking – Brzdící

Current – Proud

Displacement – Geometrický objem

Duration overload – Doba přetížení

Efficiency – Účinnost

Energy consumption – Spotřeba energie

Energy loss – Energetická ztráta

Frequency – Frekvence

Inertia – Setrvačnost

Input – Vstup

Mains – Napájení

Output – Výstup

Over temperature – Přehřátí

Power – Příkon

Power factor – Účinník

Pressure – Tlak

Rated – Jmenovitý

Speed – Otáčky

Stalling Torque – Krouticí moment

Thermal time constant – teplotní časová konstanta

Voltage – Napětí

Příloha C – Specifikace prvků protahovacího stroje RWI 10

Specifikace prvků protahovacího stroje RWI 10				
Číslo:	KAS0102-SN1HYP01K-2		Schéma:	KAS0102-SN1HYP01K-1
Pozice	Kusy	Název, parametry	Označení	Výrobce
1	1	Hydraulický pohon, Napětí 400V/50Hz Elektromotor 15kW, duální HG 113,4 a 22,5 cm3, frekvenční měnič AC690+,	DCP6038A0N015S0K3507	PARKER
2	1	Hydraulická ocelová nádrž Vnější rozměry 1460x540x250 mm, tloušťka plechu 4 mm	BNK	KTR
3	1	Tlakový ventil s odlehčením NG 25, jmenovitý průtok 500 dm3/min, tlakový stupeň 10,5MPa	R4V06-5311009G0QA5	PARKER
4	1	Zpětný ventil DN24 Otevírací tlak 0,5 bar	RHD30S0.5BCF	PARKER
5	4	Měřicí body výtlaku HG 1 a HG 2 a funkcí A a B	EMA31/4ED	PARKER
6	1	Nepřímě řízený rozváděč, 4-cestný, 3-polohový NG 25, jmenovitý průtok 500 dm3/min, Ovládací napětí 24VDC	D81VW001C4NJW	PARKER
7	1	Přímě řízený rozváděč, 4-cestný, 2-polohový NG 10, jmenovitý průtok 150 dm3/min, Ovládací napětí 24VDC	D3W002KNJW42	PARKER
8	1	Pojistný ventil mezideskový NG10, Pojištění P→T, jmenovitý průtok 80 dm3/min, tlakový stupeň 35 MPa	ZDV-P02-5-S0-D1	PARKER
9	1	Zpětný ventil mezideskový, DN10 NG 10, větev A, jmenovitý průtok 76 dm3/min	CM3AAV	PARKER
10	1	Filtr s elektrickým indikátorem zanesení Filtrační vložka 10 µm, jmenovitý průtok 280 dm3/min,	40CN210QEVT1KG244	PARKER
11	1	Vzduchový filtr s nalévacím hrdlem Filtrační vložka 10 µm	AB116310	PARKER
12	1	Sdružený snímač teploty a hladiny Napájecí napětí 24VDC, hladinový rozsah 40-210 mm, teplotní rozsah -20 až +85 °C, výstupní signál 4-20 mA	SCLTSD-250-00-07	PARKER
13	1	Lineární odměřování Měřicí délka 1350 mm, napájecí napětí 24VDC, výstupní signál 4-20 mA	BTL7-E100-M1350-B-S32	BALUFF
14	1	Přímočarý hydromotor Průměr pístu 140 mm, průměr pístnice 70 mm, zdvih 1350 mm	PHM 140/70 x 1350	HYDRAULICS
15	1	Mechanický kladičkový koncový spínač Napájecí napětí 24VDC	FD502-M2R24	PIZZATO
16	1	Světelná závora Ochranné pole 160mm, rozlišení od 14 mm, Napájecí napětí 24VDC, Výstup 2PNP-400 mA	EOS4 151 X	REER
17	1	Hladinový stavoznak s teploměrem Délka 76 mm, Rozsah teploměru 30-90 °C	FL69121	PARKER
18	1	Hydraulický blok 4-sekční S vrtáním pro připoje a montáž prvků	17-HB	HEXIUM

Příloha D - Duální lamelový hydrogenerátor 113,4 a 22,5 cm³ , katalog PARKER

HY11-3352UK-DCP_Drive-Controlled-Pump⁵

Catalogue HY11-3352/UK

Vane Pumps

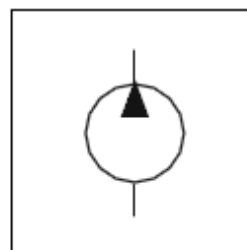
Drive Controlled Pump

Parker vane pumps are especially suited to variable speed applications. They enable very quick changes in pressure at a very high flow rate reproducibility and at a low noise level. Their minimum speed increases from zero proportional to pressure up to 300 rpm at maximum pressure. High operating pressures of up to 320 bar and small dimensions reduce installation costs. Reduced pressure increases life-span.

The vane pump forms a compact unit in combination with flange and e-motor. The design with two opposing pressure chambers prevents lateral forces working on the drive shaft. The pump cartridge design is suitable for drop-in installation. It is particularly modification and service friendly. The wide range of designs (displacement, shaft, connections, etc.) offers the best preconditions for individual solutions tailored to a customer's requirements.

Features

- High volumetric efficiency
- Low noise design
- High mechanical efficiency (generally over 94 %)
- Wide speed range (300–3000 rpm)
- Low pressure pulsation (±2 bar) reduces pipe noise
- Impervious to particle contamination thanks to the double lip design



Temporary maximum pressure

The unit T7 can be operated briefly at higher pressures than the operating pressure recommended for continuous operation if the average pressure per time unit is lower than or equal to the pressure for continuous operation. The calculation formula for the temporary maximum pressure only applies when taking the other parameters into consideration – speed, operating fluid, viscosity and degree of contamination. For a total cycle duration of over 15 minutes, please get in contact with your Parker representative.

Example: B0010

Work cycle	4 mins at 320 bar
	1 mins at 35 bar
	5 mins at 160 bar

$$\frac{(4 \times 320) + (1 \times 35) + (5 \times 160)}{10} = 211.5 \text{ bar}$$

211.5 bar is lower than the operating pressure of 290 bar permitted for the continuous operation of B0010 with an HLP46 operating medium.

Technical data

Pump code	Displacement [cm ³ /U]	min. speed [1/min]	max. speed [1/min]	Flow rate (1500 1/min, p 140 bar) [l/min]	max. operating pressure, permanent [bar]	max. operating pressure, temporary [bar]
A0006 - A0022	5.8 - 22.5	300	3000	7.0 - 31.5	300	275
A0025	24.9	300	3000	36	275	240
B0009 - B0010	28 - 31.8	300	3000	40.3 - 46	320 ¹⁾	290
B0011 - B0014	35 - 45	300	3000	50.8 - 65.8	300	275
B0015	50	300	2700	73.3	280	240
D0017 - D0031	55 - 99.2	300	3000	75.9 - 142.2	300	250
D0035 - D0038	113.4 - 120.6	300	3000	163.5 - 174.3	280	250
D0042	137.5	300	2700	199.6	260	230

Internal leakage depending on pressure, speed and pump cartridge. All values applying for standard mineral oil. For more information see catalogue HY29-0110

¹⁾ Please consult Parker for applications over 300 bar.

HY11-3352UK R3 Innen.indd CM 18.05.2015



Příloha E - Třífázový asynchronní elektromotor 15 kW, katalog PARKER HY11-3352UK-DCP_Drive-Controlled-Pump⁵

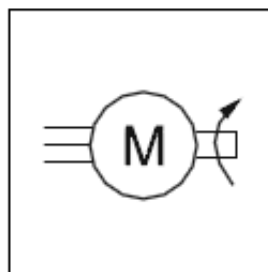
Catalogue HY11-3352/UK

Standard Asynchronous Motors

Drive Controlled Pump

The standard asynchronous motors are characterized by their versatility, robustness and high efficiency. They fulfill the IE2 efficiency standard (high efficiency), and therefore allow large energy savings and conserve the environment. The design offers maximum flexibility and minimum cost when installing. The comparably low weight also has a positive effect on the overall weight of the assembly.

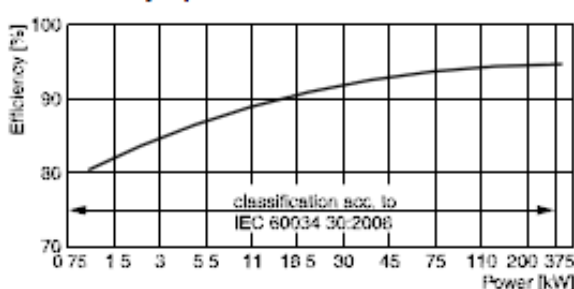
In principal, all motors can be operated on the drive at mains voltages of up to 460 V +10 %. Operating within a power range of 0.55 to 315 kW, the motors have been designed for all markets around the world. In order to achieve the best possible design, a mix of highly conductive materials is used in the rotor. The result is minimized rotor losses and excellent start-up performance.



Features

- Long life-span as a result of the simplicity and robustness of the components
- Thermistor motor protection included
- Longer motor life-span thanks to lower winding temperatures in terms of the rated load and power supply
- High overload reserves in continuous operation
- Low weight

IE2 efficiency 4-pole 50 Hz



Technical data (nominal voltage 400 VAC / 50 Hz)

Code N	Rated power [kW]	Rated speed [1/min]	Efficiency factor	Rated current [A]	Rated torque [Nm]	Weight [kg]	Max. speed [1/min]	Max. torque [Nm]
0P5	0.55	1440	0.74	1.37	3.7	10	4200	11
0P7	0.75	1440	0.76	1.79	5	11	4200	16
1P1	1.1	1425	0.78	2.5	7.4	13	4200	21
1P5	1.5	1435	0.79	3.3	10	16	4200	34
2P2	2.2	1455	0.81	4.65	14	32	4200	46
003	3	1455	0.82	6.2	20	37	4200	62
004	4	1460	0.81	8.2	26	46	4200	83
006	5.5	1465	0.8	11.3	36	61	4200	104
008	7.5	1465	0.83	14.7	49	75	4200	142
011	11	1470	0.85	21	71	96	4200	198
015	15	1475	0.85	28	97	104	4200	291
019	18.5	1465	0.84	35	121	160	4200	411
022	22	1465	0.84	41.5	143	170	4200	500
030	30	1475	0.85	55	195	225	4200	604
037	37	1470	0.87	66	240	285	4500	720
045	45	1475	0.87	80	291	315	4500	902
055	55	1480	0.85	100	355	390	3700	1065
075	75	1485	0.87	132	482	560	3000	1397
090	90	1486	0.87	159	578	640	2600	1791
110	110	1490	0.86	195	705	750	2600	2115
132	132	1488	0.87	230	847	870	2600	2456
160	160	1488	0.87	280	1027	950	2600	3081
200	200	1490	0.87	350	1282	1120	2600	3974
250	250	1488	0.87	435	1605	1270	2600	5136
315	315	1488	0.86	560	2022	1480	2600	6470

HY11-3352UK_R3 Innen.indd CM 18.05.2015



Příloha F - Frekvenční měnič, katalog PARKER HY11-3352UK-DCP_Drive-Controlled-Pump ⁵

Catalogue HY11-3352/UK

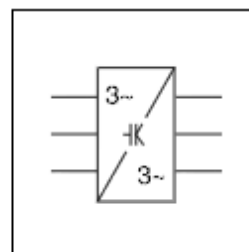
AC Drive Controller AC30V

Drive Controlled Pump

As a component of the Drive Controlled Pump, the AC30V series covers the entire spectrum of speed-regulated applications for asynchronous and synchronous motors. It has been designed to provide users the optimum control of pump applications with high dynamics and numerous options of control.

The AC30 has been designed with simplicity in mind, but this doesn't compromise its functionality. The flexible and modular design provides a wide range of communication options. E/A-Module can be added easily if required. Modules that are required for the Drive Controlled Pump are equipped ex works.

The setup of the Drive Controlled Pump can be done via graphical key pad or by using the pc software PDQ.



Features

- Integrated hydraulic functions
- Graphical key pad
- Integrated web server
- Sensorless vector control
- Safety torque off
- Software tool for configuration, commissioning, optimisation, programming and maintenance
- Fieldbus communication with open standards:
 - CANopen
 - DeviceNet
 - PROFIBUS
 - PROFINET
 - EtherCAT
 - Ethernet IP

The following operation modes are available:

- Flow control
- Pressure control ¹⁾
- Alternating flow rate / pressure control (P/Q) ¹⁾
- Load Sensing ¹⁾
- Accumulator charging mode ¹⁾

Technical data

Electrical Characteristics		
Rated Input Voltage	[V]	3 x 380...480 ±10 %
Input Frequency	[Hz]	45...65
Maximum Switching Frequency	[kHz]	4...12 max. (acc. derate output)
Overload: Heavy Duty	[%]	150 for 60 s, 180 for 3 s
Overload: Normal Duty	[%]	110 for 60 s, 180 for 3 s heavy duty FLC
Output Frequencies	[Hz]	0...500 at 4 kHz switching frequency
	[Hz]	0...1000 at 8 kHz switching frequency
	[Hz]	0...1500 at 12 kHz switching frequency
Environmental Characteristics		
Operating Temperature	[°C]	0...+40 (normal duty), 0...+45 (heavy duty) 0...+50 (derate output)
Operating Humidity, max	[%]	85 bei 40 °C
Protection class		IP 20
Altitude	[m]	1000 over NN, derate output by 1 % per 100 m to max. 2000 m
Atmosphere		Non-flammable, non-corrosive and dust free
Climatic conditions		Class 3k3, as defined by EN60721-3-3

¹⁾ Pressure transducer is required (not included in delivery).

HY11-3352UK R3 Innn.Jndd CM 18.05.2015

Příloha G - Tlakový ventil s odlehčením NG 25, katalog PARKER HY11-3500/UK_Series R4V / R6V ⁵

Catalogue HY11-3500/UK
Technical Data

**Pilot Operated Pressure Relief Valves
Series R4V / R6V**

R4V/R6V

General					
Nominal size		NG10		NG25	NG32
Interface		Subplate mounting acc. ISO 6264 (DIN 24340)			
Mounting position		Unrestricted, horizontal mounting preferred			
Ambient temperature		[°C]	-20...+60		
MTTF _D value		[years]	75		
Weight	Series R6V		4.5	5.8	7.8
	Series R4V		2.7	4.5	6.0
		[kg]			
		[kg]			
Hydraulic					
Max. operating pressure		[bar]	Ports P (or A) and X up to 350, Port T (or B) and Y 30		
Pressure stages		[bar]	105, 210, 350		
Nominal flow		[l/min]	250	500	650
Fluid			Hydraulic oil according to DIN 51524		
Viscosity, permitted		[cSt] / [mm²/s]	20 ... 400		
	recommended	[cSt] / [mm²/s]	30 ... 80		
Fluid temperature		[°C]	-20...+70 (NBR: -25...+70)		
Filtration			ISO 4406 (1999): 18/16/13		

R4V/R6V with vent function

General								
Nominal size		NG10		NG25		NG32		
Interface		Subplate mounting acc. ISO 6264 (DIN 24340)						
Mounting position		Unrestricted, horizontal mounting preferred						
Ambient temperature		[°C]	-20...+60					
MTTF _D value		[years]	75					
Weight	Series R6V	[kg]	5.9	7.2	9.2			
	Series R4V	[kg]	4.4	6.2	7.7			
Hydraulic								
Max. operating pressure		[bar]	Ports P (or A) and X up to 350, port T (or B) and Y 30					
Pressure stages		[bar]	105, 210, 350					
Nominal flow		[l/min]	250	500	650			
Fluid		Hydraulic oil according to DIN 51524						
Viscosity, permitted	[cSt] / [mm²/s]	20 ... 400						
	recommended	[cSt] / [mm²/s]	30 ... 80					
Fluid temperature		[°C]	-20...+70 (NBR: -25...+70)					
Filtration		ISO 4406 (1999); 18/16/13						
Electrical								
Duty ratio		[%]	100 ED; CAUTION: coil temperature up to 150 °C possible					
Protection class		IP65 in accordance with EN 60529 (with correctly mounted plug-in connector)						
Code		G0R	G0Q	GAR	GAG	W30	W31	
Supply voltage		[V]	12 V =	24 V =	98 V =	205 V =	110 V/50 Hz 120 V/60 Hz	230 V/50 Hz 240 V/60 Hz
Tolerance supply voltage		[%]	±10	±10	±10	±10	±5	±5
Current consumption	hold	[A]	2.72	1.29	0.33	0.13	0.6 / 0.55	0.3 / 0.27
	in rush	[A]	2.72	1.29	0.33	0.13	2.5 / 2.4	1.25 / 1.2
Power consumption	hold	[W]	32.7	31	31.9	28.2	70 / 70 VA	70 / 70 VA
	in rush	[W]	32.7	31	31.9	28.2	280 / 290 VA	280 / 290 VA
Solenoid connection		Connector as per EN175301-803, solenoid identification as per ISO 9461						
Wiring min.		[mm²]	3 x 1.5 recommended					
Wiring length max.		[m]	50 recommended					

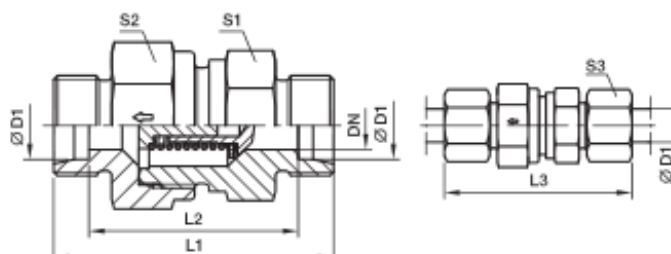
R4V-R6V UK.indd 17.04.2015





RHD Non return valve

EO 24° cone end / EO 24° cone end



Series	D1 	CF DN	71 DN	CF L1	71 L1	L2	L3	S1	CF S2	71 S2	S3	Weight g/1 piece	Order code*	PN (bar) ¹⁾	
L ²⁾	06	3.5	3.5	43.0	43.0	29.0	58.0	17	17	17	14	46	RHD06LOMD	400	250
	08	5.5	5.5	44.0	44.9	30.0	59.0	19	19	19	17	61	RHD08LOMD	400	250
	10	7.5	7.5	55.0	54.5	40.5	69.5	22	24	24	19	104	RHD10LOMD	400	250
	12	9.5	9.5	58.0	57.5	43.5	72.5	27	30	30	22	166	RHD12LOMD	400	250
	15	11.0	11.5	62.0	61.5	47.5	77.5	27	32	32	27	192	RHD15LOMD	400	250
	18	14.0	14.0	67.0	66.5	51.5	83.5	36	41	36	32	292	RHD18LOMD	400	160
	22	18.0	18.0	77.0	76.5	61.5	93.5	41	46	46	36	472	RHD22LOMD	250	160
	28	23.0	23.0	85.0	84.5	69.5	102.5	50	55	55	41	746	RHD28LOMD	250	100
	35	29.0	29.0	96.0	95.5	74.5	117.5	60	65	60	50	1062	RHD35LOMD	250	100
	42	29.0	29.0	96.0	96.0	74.0	119.0	65	70	70	60	1518	RHD42LOMD	250	100
S ⁴⁾	06	3.5	3.5	48.5	48.5	34.5	63.5	19	19	19	17	70	RHD06SOMD	420	400
	08	3.5	3.5	48.5	48.5	34.5	63.5	19	19	19	19	74	RHD08SOMD	420	400
	10	5.5	5.5	55.5	55.5	40.5	72.5	22	24	24	22	121	RHD10SOMD	420	400
	12	7.5	7.5	57.5	57.5	42.5	74.5	24	27	27	24	148	RHD12SOMD	420	400
	14	9.5	9.5	64.0	63.5	47.5	82.5	27	32	32	27	218	RHD14SOMD	420	315
	16	11.0	11.5	68.0	67.5	50.5	86.5	32	36	36	30	286	RHD16SOMD	420	315
	20	15.0	15.0	76.0	75.5	54.5	97.5	41	50	46	36	506	RHD20SOMD	420	250
	25	19.0	19.0	83.0	82.5	58.5	106.5	46	55	50	46	639	RHD25SOMD	420	250
	30	24.0	24.0	97.0	96.5	69.5	122.5	60	60	60	50	1157	RHD30SOMD	250	250
	38	29.0	29.0	108.0	107.5	75.5	136.5	65	70	70	60	1650	RHD38SOMD	250	250

¹⁾ Pressure shown – item deliverable

²⁾ L – light series; ⁴⁾ S – heavy series

$\frac{PN (bar)}{10} = PN (MPa)$

Delivery without nut and ring. Information on ordering complete fittings or alternative sealing materials see page 17.

*Please add the suffixes below according to the material/surface required.

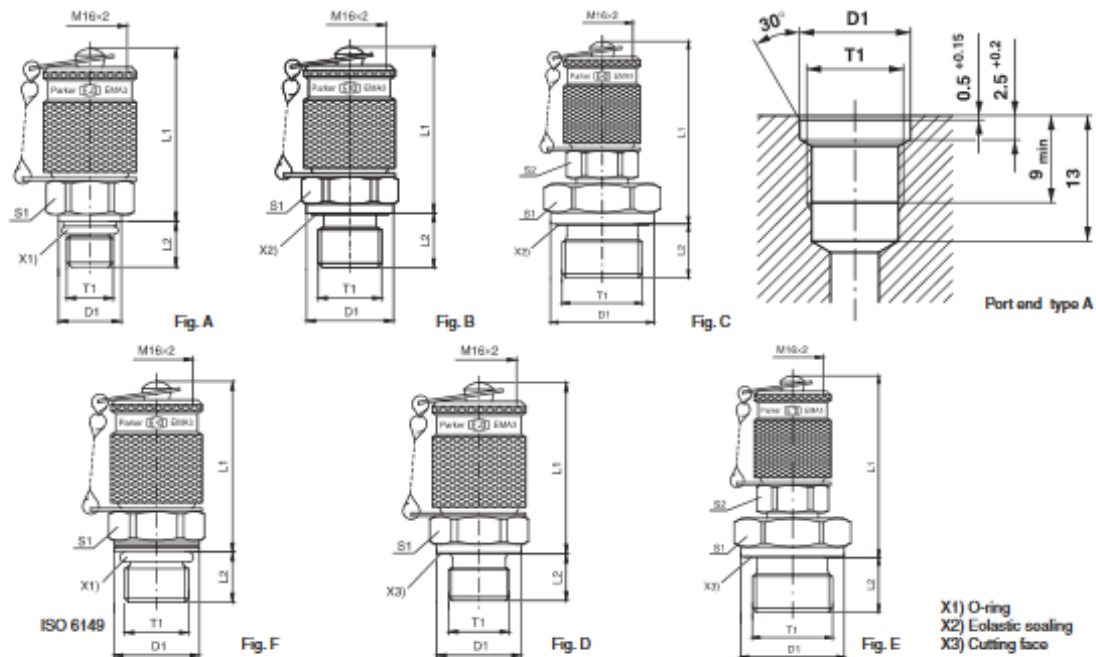
Order code suffixes			
Material	Suffix surface and material	Example	Standard sealing material (no additional suffix needed)
Steel, zinc plated, Cr(VI)-free	CF	RHD06LOMDCF	NBR
Stainless steel	71	RHD06LOMD71	VIT

Parker SensoControl® Test Points

EMA3 Test Point with threaded connection M 16×2

Series 3

Male thread: BSP, metric



T1	D1	L1	L2	S1	S2	Fig.	Weight g/1 piece	Order code*	PN (bar) ¹⁾ CF	71	DF** CF	71
M 08x1.0	9.5	38.5	7.5	17		A	66	EMA3/8X1OR	250		4.0	
M 10x1.0	11.5	37.0	7.5	17		A	70	EMA3/10X1OR	630	630	4.0	4
M 14x1.5	18.8	39.5	11.0	19		F	79	EMA3/14X1.5ISO	630	630	4.0	4
M 10x1.0	14.0	40.0	8.0	17		D	67	EMA3/10X1	400		4.0	
M 12x1.5	17.0	38.0	12.0	17		D	74	EMA3/12X1.5	400		4.0	
M 14x1.5	19.0	39.0	12.0	19		D	78	EMA3/14X1.5	400		4.0	
M 16x1.5	21.0	40.0	12.0	22		D	90	EMA3/16X1.5	400		4.0	
G 1/8	14.0	37.5	8.0	17		D	70	EMA3/1/8	400		4.0	
G 1/4	18.0	39.0	12.0	19		D	77	EMA3/1/4	400		4.0	
G 3/8	22.0	40.5	12.0	22		D	91	EMA3/3/8	400		4.0	
G 1/2	26.0	46.0	14.0	27	17	E	137	EMA3/1/2	400		3.4	
G 1/8	14.0	37.5	8.0	17		B	72	EMA3/1/8ED	400	400	4.0	4
G 1/4	19.0	39.0	12.0	19		B	76	EMA3/1/4ED	630	630	4.0	4
G 3/8	22.0	40.5	12.0	22		B	93	EMA3/3/8ED	630	630	4.0	4
M 10x1.0	14.0	40.0	8.0	17		B	71	EMA3/10X1ED	400	400	4.0	4
M 12x1.5	17.0	38.0	12.0	17		B	72	EMA3/12X1.5ED	630	630	4.0	4
M 14x1.5	19.0	39.0	12.0	19		B	77	EMA3/14X1.5ED	400	400	4.0	4
G 1/2	27.0	46.0	14.0	27	17	C	135	EMA3/1/2ED	400	400	4.0	4

**DF = Design Factor

¹⁾ Pressure shown – item deliverable

PN (bar)
10 = PN (MPa)

*Please add the suffixes
below according to the material/
surface required.

Order code suffixes			
Material	Suffix surface and material	Example	Standard sealing material (no additional suffix needed)
Steel, zinc plated, Cr(VI)-free	CF	EMA3/10X10ORCF	NBR
Stainless Steel	71	EMA3/10X10OR71	VIT

Příloha J - Nepřímo řízený rozváděč NG 25, katalog PARKER HY11-3500/UK_Series **D31DW D31NW, D*1VW⁵**

Catalogue HY11-3500/UK

Technical Data

Pilot Operated Directional Control Valves

Series D31DW, D31NW, D*1VW

2

General							
Design		Directional spool valve					
Actuation		Solenoid					
Series		D31DW		D31NW	D41VW	D81/91VW	D111VW
Size		NG10		NG10	NG16	NG25	NG32
Weight (1/ 2 solenoids)		[kg]	6.0 / 6.6	7.6 / 8.1	9.7 / 10.3	17.9 / 18.6	67.4 / 68.0
Mounting interface		DIN 24340 A10 ISO 4401 NFFA D05	DIN 24340 A10 ISO 4401 NFFA D05	DIN 24340 A16 ISO 4401 NFFA D07	DIN 24340 A25 ISO 4401 NFFA D08	DIN 24340 A32 ISO 4401 NFFA D10	
		CETOP RP 121-H					
Mounting position		unrestricted, preferably horizontal					
Ambient temperature		[°C]	-25...+60 (without inductive position control)				
		[°C]	0...+60 (with inductive position control)				
MTTF _a value		[years]	75				
Hydraulic							
Max. operating pressure		[bar] [bar]	Pilot drain internal: P, A B, X: 350; T, Y: 105 Pilot drain external: P, A B, T, X: 350; Y: 105				
Fluid		Hydraulic oil according to DIN 51524					
Fluid temperature		[°C] [°C]	-20 ... +70 (NBR: -25...+70), (without inductive position control) 0...+70 (with inductive position control)				
Viscosity permitted		[cSt] / [mm²/s]	2.8...400				
Viscosity recommended		[cSt] / [mm²/s]	30...80				
Filtration		ISO 4406 (1999): 18/16/13					
Flow max.		[l/min]	150	170	300	700	2000
Leakage at 350 bar (per flow path)		[ml/min]	up to 100*	72...422*	up to 200*	up to 800*	up to 5000*
		*depending on spool					
Opening pressure integral check valve		[bar]	n.a.	see p/Q diagram	see p/Q diagram	see p/Q diagram	n.a.
Minimum pilot supply pressure		[bar]	5	7	5		
Static / Dynamic							
Step response at 95 %		[ms]	Energized / De-energized				
DC solenoids	Pilot pressure	50 bar	60 / 40	50 / 60	95 / 65	150 / 170	470 / 390
		100 bar	55 / 40	50 / 60	75 / 65	110 / 170	320 / 390
		250 bar	55 / 40	50 / 50	60 / 65	90 / 170	210 / 390
		350 bar	55 / 40	50 / 50	60 / 65	85 / 170	200 / 390
AC solenoids	Pilot pressure	50 bar	40 / 30	30 / 50	75 / 55	130 / 155	450 / 375
		100 bar	35 / 30	30 / 50	65 / 55	90 / 155	300 / 375
		250 bar	35 / 30	30 / 50	40 / 55	70 / 155	190 / 375
		350 bar	35 / 30	30 / 50	40 / 55	65 / 155	180 / 375
Electrical characteristics							
Duty ratio		100 % ED; CAUTION: coil temperature up to 150 °C possible					
Protection class		IP65 in accordance with EN 60529 (with correctly mounted plug-in connector)					
		Code	K	J	U	G	T
Supply voltage / ripple		[V]	12 V =	24 V =	98 V =	205 V =	110 V at 50 Hz / 230 V at 50 Hz / 120 V at 60 Hz / 240 V at 60 Hz
Tolerance supply voltage		[%]	±10	±10	±10	±10	±5
Current consumption hold		[A]	2.72	1.29	0.33	0.13	0.58 / 0.49
Current consumption in rush		[A]	2.72	1.29	0.33	0.13	2.1 / 2.0
Power consumption hold			32.7 W	31 W	31.9 W	28.2 W	64 / 59 VA
Power consumption in rush			32.7 W	31 W	31.9 W	28.2 W	231 / 240 VA
Solenoid connection		Connector as per EN 175301-803, solenoid identification as per ISO 9461.					
Wiring min.		[mm²]	3 x 1.5 recommended				
Wiring length max.		[m]	50 recommended				

With electrical connections the protective conductor (PE ↓) must be connected according to the relevant regulations.

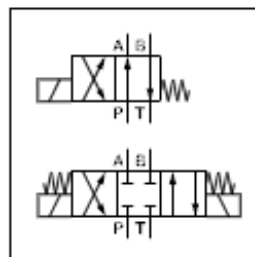
Příloha K - Přímé řízení rozváděč NG 10, katalog PARKER HY11-3500/UK_Series D31DW⁵

Catalogue HY11-3500/UK Characteristics

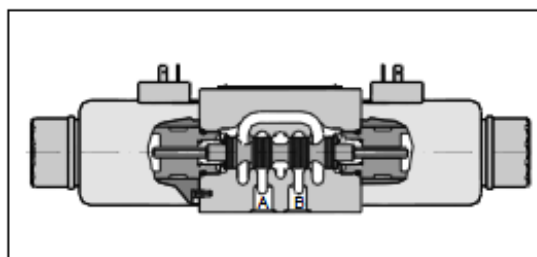
Directional Control Valve Series D3W

The NG10 direct operated directional control valve series D3W provides high functional limits up to 150 l/min in combination with a low, energy saving pressure drop. The wide variety of options includes soft shift anchor tubes for smooth operation.

Versions with position control, additional surface protection and connector variants are shown in the following chapters.



2



Technical data

General	
Design	Directional spool valve
Actuation	Solenoid
Size	DIN NG10 / CETOP 05 / NFPA D05
Mounting interface	DIN 24340 A10 / ISO 4401 / CETOP RP 121-H / NFPA D05
Mounting position	unrestricted, preferably horizontal
Ambient temperature	[-25...+60
MTTF _a value	[years] 150
Weight	[kg] 4.8 (1 solenoid), 6.3 (2 solenoids)
Vibration resistance	[g] 10 Sinus 5...2000 Hz acc. IEC 68-2-6 30 Random noise 20...2000 Hz acc. IEC 68-2-36 15 Shock acc. IEC 68-2-27
Hydraulic	
Max. operating pressure	[bar] P, A B: 350; T: 210 (DC), 105 (AC)
Fluid	Hydraulic oil according to DIN 51524
Fluid temperature	[-20 ... +70 (NBR: -25...+70)
Viscosity permitted	[cSt] / [mm²/s] 2.8...400
Viscosity recommended	[cSt] / [mm²/s] 30...80
Filtration	ISO 4406 (1999); 18/16/13
Flow max.	[l/min] 150 (DC); 115 (AC) (see shift limits)
Leakage at 50 bar	[ml/min] Up to 20 per flow path, depending on spool
Static / Dynamic	
Step response	see table response times
Electrical characteristics	
Duty ratio	100 % ED; CAUTION: coil temperature up to 150 °C possible
Max. switching frequency	[1/h] 10000
Protection class	IP65 in accordance with EN 60529 (with correctly mounted plug-in connector)
Code	K J U G Y T
Supply voltage / ripple	[V] 12 V = 24 V = 98 V = 205 V = 110 V at 50 Hz / 120 V at 60 Hz 230 V at 50 Hz / 240 V at 60 Hz
Tolerance supply voltage	[V] ±10 ±10 ±10 ±10 ±5 ±5
Current consumption hold	[A] 3 1.5 0.35 0.18 0.8 / 0.72 0.4 / 0.36
Current consumption in rush	[A] 3 1.5 0.35 0.18 3.41 / 3.31 1.75 / 1.7
Power consumption hold	[W] 36 36 34 36 88 / 86 88 / 86
Power consumption in rush	[W] 36 36 34 36 375 / 397 385 / 408
Solenoid connection	Connector as per EN 175301-803, solenoid identification as per ISO 9461.
Wiring min.	[mm²] 3 x 1.5 recommended
Wiring length max.	[m] 50 recommended

With electrical connections the protective conductor (PE) must be connected according to the relevant regulations.

D3W UK.indd RH 17.04.2015



Příloha L - Pojistný ventil NG10, P→T, katalog PARKER HY11-3500/UK_Series

ZDV⁵

Catalogue HY11-3500/UK

Technical Data / Characteristic Curves

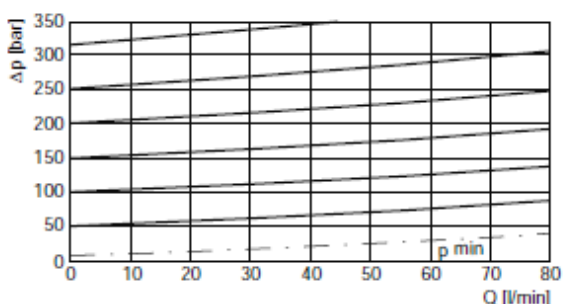
Pressure Relief Valve Series ZDV

Technical data

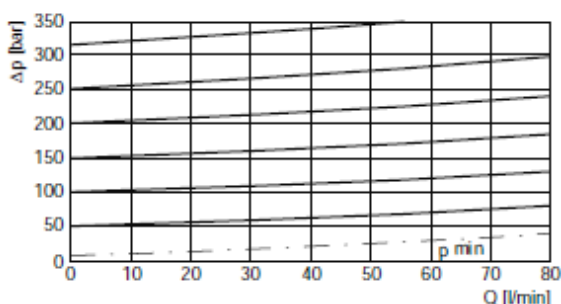
General			
Size		NG06	NG10
Mounting interface		DIN 24340 A6 ISO 4401 NFFA D03	DIN 24340 A10 ISO 4401 NFFA D05
		CETOP RP 121	
Mounting position		unrestricted	
Ambient temperature		[°C] -20...+60	
MTTF _D value		[years] 150	
Weight	1 cartridge	[kg] 1.6	3.0
	2 cartridges	[kg] 2.5	3.7
Hydraulic			
Max. operating pressure		[bar] 350 (ZDV-ABS 315)	315
Nominal flow		[l/min] 80	140
Fluid		Hydraulic oil according to DIN 51524	
Fluid temperature		[°C] -20...+70 (NBR: -25...+70)	
Viscosity	permitted	[cSt] / [mm ² /s] 20 ... 400	
	recommended	[cSt] / [mm ² /s] 30 ... 80	
Filtration		ISO 4406 (1999); 18/16/13	

p/Q performance curves

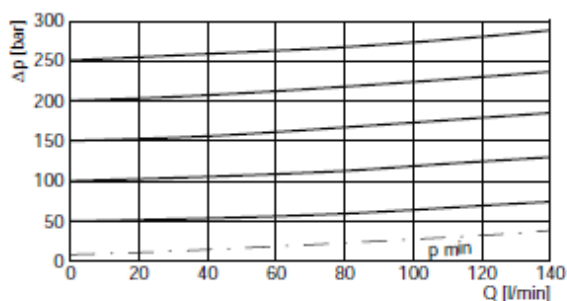
ZDV-P/A/B/ABS01



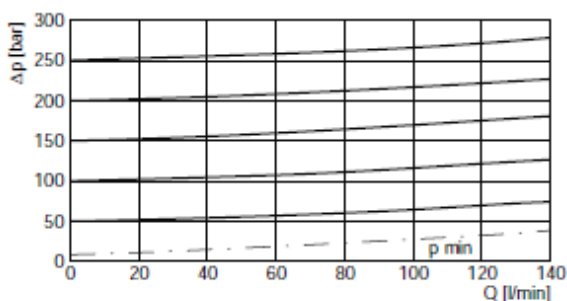
ZDV-AB01



ZDV-P/A/B/AB02



ZDV-ABS02



All characteristic curves measured with HLP46 at 50 °C.

ZDV_UK_INDD_CM 31.03.15



Příloha M - Zpětný ventil NG 10, katalog PARKER HY11-3500/UK_Series CM⁵

Catalogue HY11-3500/UK

Technical Data / Performance Curves

Direct Operated Check Valve

Series CM

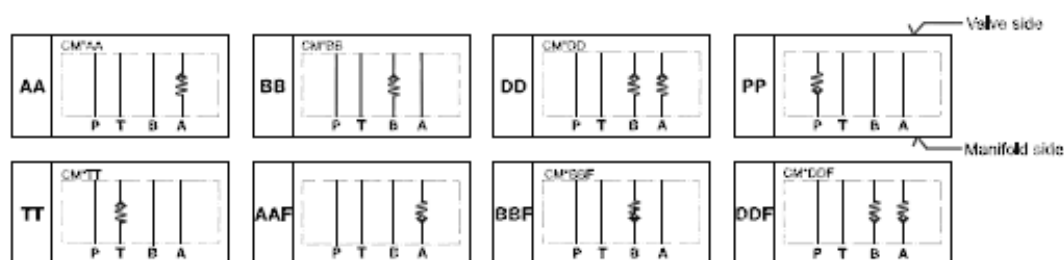
Technical data

General			
Series		CM2	CM3
Size		NG06	NG10
Mounting interface		DIN 24340 A6 ISO 4401 NFFA D03	DIN 24340 A10 ISO 4401 NFFA D05
Mounting position		unrestricted	
Ambient temperature	[°C]	-20...+60	
MTTF ₀ value	[years]	150	
Weight	[kg]	0.9	1.7
Hydraulic			
Max. operating pressure	[bar]	350	350
Max. flow	[l/min]	53	78
Opening pressure	[bar]	0.3	0.3
Fluid		Hydraulic oil according to DIN 51524	
Fluid temperature	[°C]	-20...+70	
Viscosity, permitted	[cSt] / [mm²/s]	20...400	
Viscosity, recommended	[cSt] / [mm²/s]	30...80	
Filtration		ISO 4406 (1999); 18/18/13	

Schematics

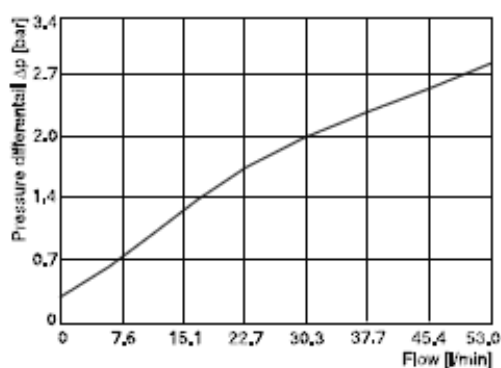
The valve side is shown at the top of the symbols, the manifold side with channel designation is shown at the bottom.

7

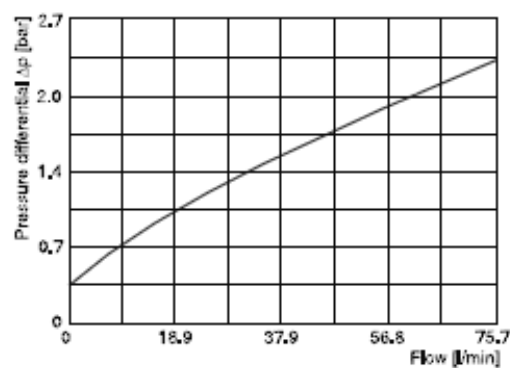


$\Delta p/Q$ performance curves

CM2



CM3



All characteristic curves measured with HLP46 at 50 °C.

CM UK.INDO CM 16.04.15



Příloha N - Filtr 40 CN 10 µm s elektrickým indikátorem zanesení, katalog PARKER Hydraulic Filter Division Europe FDHB500UK/15/40/80CN ⁵

Specification

Pressure ratings:
Maximum allowable operating pressure: 70 bar
Rated fatigue pressure: 56 bar

Connections:
Several threaded port options available, flange faced ports available on 80CN.

Connection style	Model	40CN	80CN
BSPF(G)	15CN	1 1/4", 1 1/2"	1 1/2", 2"
SAE	12, 16	16, 24	24, 32
ISO 6149	M27	M33	M42, M48
Metric 3000-M			2"

Filter housing:
Head material aluminium.
Bowl material hard anodized aluminium.

Seal material:
Nitrile or fluoroelastomer.

Operating temperature range:
Seal material Nitrile: -40°C to +100°C.
Seal material Fluoroelastomer: -20°C to +120°C.

Bypass valve & indicator settings:
Table following gives bypass valve and corresponding indicator setting.

Bypass	Indicator
1.7 bar	1.2 bar
3.5 bar	2.5 bar

Filter element:
Degree of filtration:
Determined by Multipass-test according to ISO 16889.

Flow fatigue characteristics:
Filter media is supported so that the optimal fatigue life is achieved (ISO 3724).

Microglass III (available by request)
Supported with epoxy coated metal wire mesh, end cap material reinforced composite and metal inner core. Collapse rating 20 bar (ISO 2941).

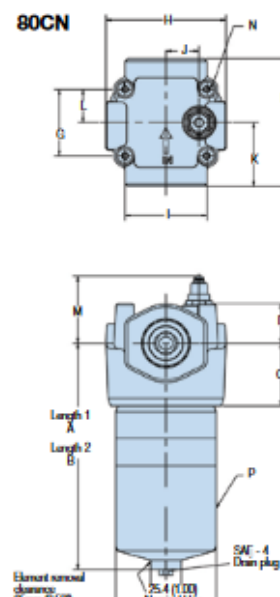
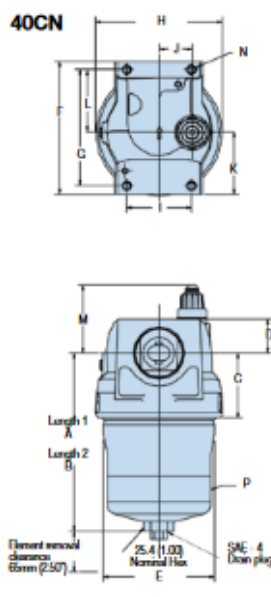
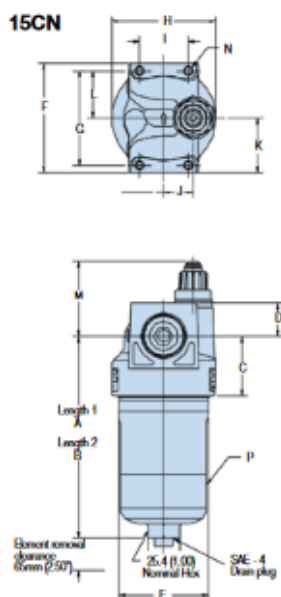
Ecoglass III
Supported with plastic net, end cap material reinforced composite. No metal parts. Collapse rating 10 bar (ISO 2941).
Filter element can only be used together with bowl including Eco-adaptor. Note: Ecoglass III contributes to ISO 14001 quality.

Par-Gel:
Water removal media absorbent copolymer laminate media with ability to remove free water from mineral based and synthetic fluids available for 40CN and 80CN.

Indicator options:
- visual M3, - electrical T1.
- electronic F1(PNP), - electronic F2(NPN).
For indicator details see catalogue section 6.

Weights (kg):	Length 1	Length 2
Model		
15CN	1.1	1.6
40CN	2.0	2.5
80CN	5.6	6.9

Fluid compatibility:
Suitable for use with mineral and vegetable oils, and some synthetic oils. For other fluids, please consult Parker Filtration.



Dimensions in mm (inch)														
Model	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M*	N
15CN	156.6 (6.17)	250.7 (9.87)	46.5 (1.83)	25.4 (1.00)	71.1 (2.80)	85.9 (3.38)	73.2 (2.88)	82.6 (3.25)	38.1 (1.50)	22.9 (0.90)	42.9 (1.69)	36.6 (1.44)	53	4xM6-1.0x7.9 deep
40CN	170.8 (6.73)	262.4 (10.33)	62.0 (2.44)	32.6 (1.28)	107.2 (4.22)	127.0 (5.00)	111.0 (4.37)	121.9 (4.80)	62.0 (2.44)	31.8 (1.25)	58.8 (2.32)	60.2 (2.37)	53	4xM8-1.25x13 deep
80CN	280.9 (11.06)	401.6 (15.81)	77.7 (3.06)	49.5 (1.95)	124.8 (4.91)	158.7 (6.25)	82.6 (3.25)	151.4 (5.96)	101.6 (4.00)	41.1 (1.62)	79.4 (3.12)	41.3 (1.63)	69	4xM8-1.25x16 deep

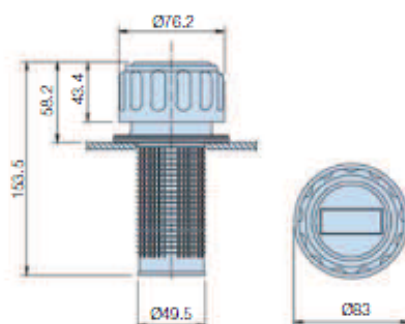
Note: add 45mm for T and F indicators



Filler Breathers (Metal)

Reservoir Equipment

Metal Airbreather/Filler breather Specification



Note: Dimensions relate to 1163 and 1730 options.
Note: Max. operating temperature = +90°C.

Locking lug option (5561)

For added security, certain Parker Filtration Metal Filler Breather Filters can be specified with a locking lug option.



Ordering Information

Standard products table

Part number	Supersedes	Replacement cap	Supersedes	Displacement l/min	Crack pressure	Micron rating	Air flow m ³ /min	Thread	Weight
Threaded airbreather (unpressurised)									
SAB156210	SAB1562.10	N/A	N/A	430	N/A	10µ abs	0.45	G1/4	0.20kg
SAB156310	SAB1563.10	N/A	N/A	135	N/A	10µ abs	0.15	G1/4	0.06kg
Filler breather - filter flange type (unpressurised)									
AB116310	AB1163.10	CAP116310	CAP1163.10	430	N/A	10µ abs	0.45	N/A	0.24kg
AB138010	AB1380.10	CAP138010	CAP1380.10	135	N/A	10µ abs	0.15	N/A	0.08kg
5561	N/A	N/A	N/A	430	N/A	10µ abs	0.45	N/A	0.24kg
Filler breather - filter flange type (pressurised)									
PAB1730105	PAB1730.10.5	CAP1730105	CAP1730.10.5	430	0.35 bar	10µ abs	0.45	N/A	0.27kg
PAB17301010	PAB1730.10.10	CAP17301010	CAP1730.10.10	430	0.70 bar	10µ abs	0.45	N/A	0.27kg
Air breather - threaded type (pressurised)									
SPA1731105	SPA1731.10.5	N/A	N/A	430	0.35 bar	10µ abs	0.45	G1/4	0.20kg
SPA17311010	SPA1731.10.10	N/A	N/A	430	0.70 bar	10µ abs	0.45	G1/4	0.20kg

Note 1: Part numbers featured with bold highlighted codes will ensure a "standard" product selection.

Note 2: Alternate displayed part number selection will require you to contact Parker Filtration for availability.

Příloha P - Sdružený snímač teploty a hladiny, l=250 mm, katalog PARKER 4083-2/UK ⁵

4.4 SCLTSD LevelTempController

Technical data

Electrical connection	
power supply	15...30 VDC nominal 24 VDC; protection class 3
electrical connection	M12x1; 4-pole; 5-pole; with gold-plated contacts
short circuit protection	yes
reverse polarity protection	yes
overload protection	yes
current consumption	< 100 mA
Housing	
	directionally adjustable up to 290°
material	zinc die-casting Z 410; painted
foil material	polyester
display	4-figure 7-segment LED; red; digit height 9 mm
protection class	IP67 DIN EN 60529
Environmental conditions	
Environmental temperature range	-20...+85 °C
storage temperature range	-40...+100 °C
EM compatibility	
interference emissions	EN 61000-6-3
interference resistance	EN 61000-6-2
Outputs	
switching outputs	2 MOSFET high side switches (PNP)
contact functions	normally-open/normally-closed; window/hysteresis; function freely settable
switch voltage	power supply - 1,5 VDC
switch current max.	0,5 A per switch
short circuit current	2,4 A per switch
analogue output	0/4...20 mA; programmable; freely scaleable; RL ≤ (power supply - 8 V)/ 20 mA (≤ 500 Ω)

Level	
Input quantities	
measurement element	resistance reed array with float
connection thread	G3/4 BSPP; nickel-plated brass; ED soft seal NBR*
parts in contact with media	brass; nickel-plated brass; NBR*
temperature range of medium	-20...+85 °C
media compatibility	water; lubricating oil; hydraulic oil; acids; alkalis
Output quantities	
switch point accuracy	± 1 % FS at 25 °C
display accuracy	± 1 % FS ± 1 digit at 25 °C
response speed	≤ 700 ms
resolution	7,5 mm
Float	
material	NBR
dimensions	Ø 18 mm, length 35 mm
Level rod	
material	brass
dimensions	Ø 8 mm
working pressure	1 bar
Temperatur	
Input quantities	
display range	-50...150 °C; (-58...+302 °F)
probe input	PT1000
probe connection	M12x1; 4-pole
Output quantities	
switch point accuracy	± 0,35 % FS bei 25 °C
display accuracy	± 0,35 % FS ± 1 digit at 25 °C
response speed	≤ 300 ms

*other seal materials (FKM, EPDM etc.) on request

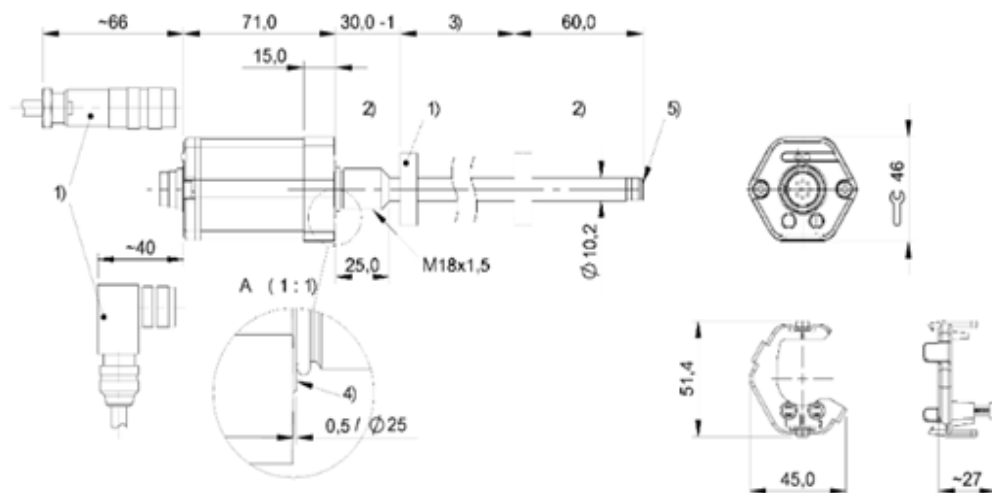
Příloha Q - Lineární odměřování, katalog BALLUFF ²⁵

Magnetostrictive Sensors

BTL7-E100-M1350-B-S32

Ordercode: BTL06ZK

BALLUFF



1) not included in scope of delivery 2) Non-usable area 3) Nominal length = Measuring length 4) Mounting surface 5) Internal threads M4x4/6 deep

Electrical data

Current consumption max. at 24 V DC	150 mA
Error signal I _a rising	3.6 mA
Galvanic isolation	no
Inrush current	≤ 500 mA/10 ms
Operating voltage U _b	20...28 VDC
Output signal adjustable	with calibration aid using programming inputs
Overvoltage protection	U _b to 36 V
Switch-on delay max.	600 ms
Voltage-proof up to (GND to housing)	500 V AC

Environmental conditions

Ambient temperature	-40...85 °C
EN 55016-2-3, Radiation	For industrial and residential use
EN 60068-2-27, Continuous shock	150 g, 2 ms
EN 60068-2-27, Shock	150 g, 6 ms
EN 60068-2-6, Vibration	20 g, 10...2000 Hz
EN 61000-4-2, ESD	Severity Level 3
EN 61000-4-3, RFI	Severity Level 3
EN 61000-4-4, Burst	Severity Level 3
EN 61000-4-5, Surge	Severity Level 2
EN 61000-4-6, High-frequency fields	Severity Level 3
EN 61000-4-8, Magnetic fields	Severity Level 4

Output/Interface

Analog output	Analog, current 4...20 mA
---------------	---------------------------

Range/Distance

Measuring length	1350 mm
------------------	---------

General data

Approval/Conformity	CE cULus EAC
Magnets, number (factory setting)	1
Magnets, number max.	1

Material

Cover material	Aluminum, Die-cast, nickel plated
Flange material	Stainless steel (1.3960)
Housing material	Aluminum
Housing material, surface protection	Anodized
O-ring material	Fluoroelastomer
Plug material	Stainless steel (1.4571)
Protection tube material	Stainless steel (1.4571)

Mechanical data

Fastening detail	Threaded flange M18x1.5
Installation length from contact surface	1590 mm
Null point	30.0 mm
Pressure rating max.	600 bar
Protection tube diameter	10.2 mm
Tightening torque max.	100 Nm

Non-linearity max.	±0.01 %FS
Repeat accuracy	± 5 µm
Sampling frequency max.	500 Hz

For further information about the MTTF and B10d see MTTF / B10d certificate

Indication of the MTTF- / B10d value does not represent a binding composition and/or life expectancy assurance; these are simply experiential values with no warranty implications. These declared values also do not extend the expiration period for defect claims or affect it in any way.



Main features

- Metal housing, one conduit entry
- Protection degree IP67
- 17 contact blocks available
- 28 actuators available
- Versions with M12 connector
- Versions with gold-plated silver contacts

Technical data

Housing

Metal housing, baked powder coating	M20x1.5 (standard)
One threaded conduit entry:	IP67 according to EN 60529 with cable gland having equal or higher protection degree
Protection degree:	

General data

Ambient temperature:	-25°C ... +80°C
Max. actuation frequency:	3600 operating cycles/hour
Mechanical endurance:	20 million operating cycles ¹
Mounting position:	any
Safety parameters:	
B _{30V} :	40,000,000 for NC contacts
Mechanical interlock, not coded:	type 1 according to EN ISO 14119
Tightening torques for installation:	see pages 235-246

(1) One operation cycle means two movements, one to close and one to open contacts, as defined in EN 60947-5-1.

Cable cross section (flexible copper strands)

Contact blocks 20, 21, 22, 33, 34:	min. 1 x 0.34 mm ²	(1 x AWG 22)
	max. 2 x 1.5 mm ²	(2 x AWG 16)
Contact block 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18:	min. 1 x 0.5 mm ²	(1 x AWG 20)
	max. 2 x 2.5 mm ²	(2 x AWG 14)
Contact block 2:	min. 1 x 0.5 mm ²	(1 x AWG 20)
	max. 2 x 1.5 mm ²	(2 x AWG 16)

In conformity with standards:

IEC 60947-5-1, EN 60947-5-1, EN 60947-1, EN 50041, IEC 60204-1, EN 60204-1, EN ISO 14119, EN ISO 12100, IEC 529, EN 60529, UL 508, CSA 22.2 No.14.

Approvals:

IEC 60947-5-1, UL 508, CSA 22.2 No.14, GB14048.5-2001.

Markings and quality marks:



IMO approval:	EG605
UL approval:	E131787
CCC approval:	2007010305230000
EAC approval:	RU C-IT DM94.B.01024

In conformity with the requirements of:

Low Voltage Directive 2006/95/EC, Machinery Directive 2006/42/EC and EMC Directive 2004/108/EC.

Positive contact opening in conformity with standards:

IEC 60947-5-1, EN 60947-5-1.

Installation for safety applications:

Use only switches marked with the symbol ☺ aside the product code. Always connect the safety circuit to the **NC contacts** (normally closed contacts: 11-12, 21-22 or 31-32) as stated in **standard EN 60947-5-1, encl. K, par. 2**. Actuate the switch **at least up to the positive opening travel** shown in the travel diagrams on page 238. Operate the switch **at least with the positive opening force**, indicated between brackets below each article, aside the minimum force value.

⚠ If not expressly indicated in this chapter, for correct installation and utilization of all articles see chapter utilization requirements from page 235 to page 246.

Electrical data		Utilization category	
without connector	Thermal current (I _{th}):	10 A	Alternating current: AC15 (50÷60 Hz)
	Rated insulation voltage (U _i):	500 Vac 600 Vdc	U _e (V) 250 400 500
		400 Vac 500 Vdc (contact blocks 2, 11, 12, 20, 21, 22, 33, 34)	I _e (A) 6 4 1
	Rated impulse withstand voltage (U _{imp}):	6 kV	Direct current: DC13
with M12 connector 5 poles		4 kV (contact blocks 20, 21, 22, 33, 34)	U _e (V) 24 125 250
	Conditional short circuit current:	1000 A according to EN 60947-5-1	I _e (A) 6 1.1 0.4
	Protection against short circuits:	type aM fuse 10 A 500 V	
	Pollution degree:	3	
with M12 connector 8 poles	Thermal current (I _{th}):	4 A	Alternating current: AC15 (50÷60 Hz)
	Rated insulation voltage (U _i):	250 Vac 300 Vdc	U _e (V) 24 120 250
	Protection against short circuits:	type gG fuse 4 A 500 V	I _e (A) 4 4 4
	Pollution degree:	3	Direct current: DC13
with M12 connector 8 poles			U _e (V) 24 125 250
	Thermal current (I _{th}):	2 A	I _e (A) 4 1.1 0.4
	Rated insulation voltage (U _i):	30 Vac 36 Vdc	
	Protection against short circuits:	type gG fuse 2 A 500 V	Alternating current: AC15 (50÷60 Hz)
with M12 connector 8 poles			U _e (V) 24
	Thermal current (I _{th}):	2 A	I _e (A) 2
	Rated insulation voltage (U _i):	30 Vac 36 Vdc	Direct current: DC13
	Protection against short circuits:	type gG fuse 2 A 500 V	U _e (V) 24
with M12 connector 8 poles			I _e (A) 2

EOS4 X



EOS4 X - With built-in control function

Built-in, selectable manual/automatic Start/Restart.

Feedback input for external relays monitoring (EDM).

Two safety PNP static outputs, auto-controlled.

Unshielded cables up to 100 meter long.

An effective light curtain for directly controlling and monitoring machine circuits with no need of external safety modules.

Muting functions through external AD SRM interface, Mosaic or Safety PLC.

Degree of protection	IP 65 - IP 67
Operating temperature (°C)	From -30 to 55 for all models with range up to 12 m From -20 to 55 for 14 mm resolution models
Power supply (VDC)	24 ± 20%
Response time (ms)	2,5 ... 20
Signalling	LEDs for light curtains status and diagnostic
Safety outputs	2 PNP - 400mA at 24 VDC with protection against short circuit, overload and reverse polarity
Height of controlled area (mm)	160 ... 2260
Operating Range (m)	0 ... 6 low range - 14 mm resolution models 1 ... 6 high range - 14 mm resolution models 0 ... 4 low range - All other models 0 ... 12 high range - All other models

Příloha T - Hladinový stavoznak s teploměrem l=76 mm, katalog PARKER ⁵

Specification



Construction:

Lens: Transparent polyamide.
 Lens base: Nylon 66.
 Shroud: High impact polystyrene.
 No aluminium content.

Bolts:

Steel.

Seals:

Nitrile.

Maximum working pressure:

1 bar.

Working temperature:

-30°C to +90°C.

Fluid compatibility:

Mineral and petroleum based oils.

Note:

A 500mm model with metal shroud finished in black available.

Recommended bolt tightening torque:
 10 Nm maximum.

Thermometer scale range:

+30°C to +90°C.

Temperature Indicator:

Blue alcohol.

Note:

1. Locate seals in mounting recess before fitting.
2. Select the size required by studying the installation details to determine a part number.

Size 1 Installation Details

For 'through hole' mounting:

	-Thread-	
Hole size	M10	M12
Preferred	11.0	13.0
Maximum	13.0	14.0

Torque = 10Nm max

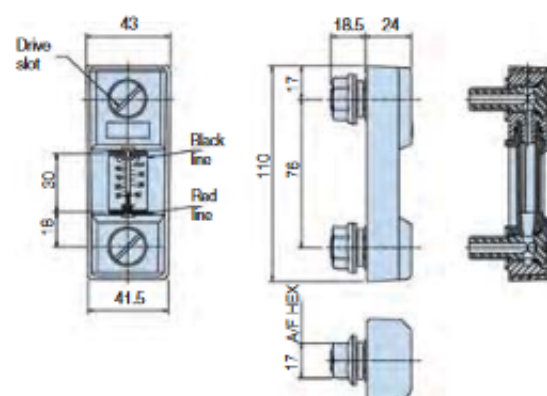
For tapped holes:

Holes to be tapped square to mounting face.

Tolerance on hole centres:
 +0.5
 -0.2

For welded back nuts:

The above details should be combined.



Installation and Application Information

Simple to Install

The universal fixing is designed for either front or rear fixing. Just two holes in the tank – threaded for front fixing – and the gauge is ready to install. After positioning the gauge the bolts are simply tightened to provide a secure seal. There is no fear of leakage with the square section seals and the two-point mounting system eliminates problems with tank distortion. M10 and M12 bolt thread options are available.

Easy to Read

The high-visibility lens is one-piece for added security and moulded in shatterproof, transparent polyamide for an accurate and clear oil level and temperature indication. Further gauge protection is provided by a specially designed shroud moulded in high-impact, black polystyrene.

Size 1 Ordering Information

Standard products table

Part number	Supersedes	Description	Centres	Thread	Max temp	Weight
FL69121	FLT.121	Fluid level/temp	76mm	M10	90°C	0.13kg
FL69123	FLT.123	Fluid level/temp	76mm	M12	90°C	0.13kg
FL69111	FL.111	Fluid level	76mm	M10	90°C	0.13kg
FL69113	FL.113	Fluid level	76mm	M12	90°C	0.13kg

Note 1: Part numbers featured with bold highlighted codes will ensure a 'standard' product selection.

Note 2: Alternate displayed part number selection will require you to contact Parker Filtration for availability.

